

PROJECTE FINAL DE CARRERA



UNIVERSITAT DE LLEIDA

**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agrària**

ESTUDI: ENGINYERIA AGRONÒMICA

ESPECIALITAT: MEDI AMBIENT I CIÈNCIES DEL SÒL



ALUMNE: LLUÍS LAPORTA BENITO

TUTORA: M. C. RAMOS

CONVOCATÒRIA: SETEMBRE 2012

AGRAÏMENTS

El meu primer agraïment només pot anar dirigit als meus pares i al meu germà, qui des de sempre m'han recolzat i ajudat en el meu estudi.

També els meus agraïments a la Marta que m'ha encoratjat per acabar el treball.

Als companys de laboratori quan els anàlisis de sòls, van ser moltes hores que es van fer més amenes gràcies a ells.

A tots el que em van ajudar en la presa de mostres i infiltracions, amb el que això comporta: desplaçaments, hores d'espera, carregar material i fer lectures.

Als membres del tribunal M^a Rosa, José Antonio i Lluís, per haver acceptat ser-ho i per fer les correccions en poc temps.

Aquest treball ha estat realitzat al Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de l'ETSEA, per a ells van els meus millors agraïments:

- A la Roser, per haver compartit el seu treball i experiència de la zona del Priorat.
- Als estudiants de Tesis doctoral Efraín, Silvana i Francisco, per ajudar a compartir els seus treballs i la seva ajuda al laboratori
- I sobretot, a la Concha Ramos, la meva tutora, per donar-me la oportunitat de fer aquest projecte, per la seva paciència, pels seus ànims i per tot el suport rebut tan en les tasques d'anàlisi com d'interpretació. Gracias Concha!

| | | |
|-----------|---|---------------|
| 1. | INTRODUCCIÓ | pàg. 6 |
| 2. | OBJECTIUS | pàg. 9 |
| 3. | ANTECEDENTS | |
| 3.1. | CULTIU DE LA VINYA AL PRIORAT | pàg. 11 |
| 3.2. | ESTUDIS PREVIS A LA ZONA | pàg. 12 |
| 3.3. | PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES DEL SÒL | pàg. 12 |
| 3.4. | IMPORTÀNCIA DELS ELEMENTS GROLLERS EN LES PROPIETATS HIDROLÒGIQUES DEL SÒL | pàg. 15 |
| 3.5. | IMPORTÀNCIA DE L'AIGUA EN EL CULTIU DE LA VINYA | pàg. 16 |
| 3.6. | UTILITZACIÓ DEL PERMEÀMETRE DE DISC | pàg. 18 |
| 4. | MATERIALS I MÈTODES | |
| 4.1 | AREA D'ESTUDI | pàg. 20 |
| 4.1.1 | LOCALITZACIÓ | |
| 4.1.2 | CLIMATOLOGÍA | |
| 4.1.2.1 | Temperatures | |
| 4.1.2.2 | Precipitacions | |
| 4.1.2.3 | Glaçades | |
| 4.1.2.4 | Vents | |
| 4.1.3 | GEOLOGIA I SÒLS | |
| 4.1.3.1 | Geologia i sòls del Priorat | |
| 4.1.4 | CULTIU DE LA VINYA AL PRIORAT A L'ACTUALITAT | |
| 4.1.4.1 | Denominació d'Origen Qualificada (DOQ) | |
| 4.1.4.2 | Varietats cultivades | |
| 4.1.4.3 | Factors de la qualitat vitivinícola | |
| 4.1.4.3.1 | Influència del clima | |
| 4.1.4.3.2 | Influència del sòl | |
| 4.1.5 | TRANSFORMACIONS DEL SÒL PER PLANTAR NOVES VINYES | |
| 4.1.5.1 | Feines prèvies | |
| 4.1.5.2 | Aterrassaments i tractament de talussos | |
| 4.1.5.3 | Plantació | |
| 4.1.5.4 | Manteniment | |

| | | |
|---------|---|----------------|
| 4.2 | DADES DE LA FINCA | pàg. 34 |
| 4.2.1 | DISTRIBUCIÓ DE LES VARIETATS CULTIVADES | |
| 4.2.2 | PRODUCTES FITOSANITARIS UTILITZATS | |
| 4.3 | PARCEL·LES EXPERIMENTALS | pàg. 35 |
| 4.4 | PARAMETRES FÍSICS ANALITZATS | pàg. 37 |
| 4.4.1 | ESTABILITAT DELS AGREGATS | |
| 4.4.1.1 | Importància de l'estabilitat dels agregats | |
| 4.4.1.2 | Mètode estàndard | |
| 4.4.1.3 | Mètode d'humectació ràpida | |
| 4.4.1.4 | Mètode d'humectació lenta | |
| 4.4.1.5 | Mètode d'humectació amb agitació després de prehumectació | |
| 4.4.2 | ANÀLISI GRANULOMÈTRIC I CLASSE TEXTURAL | |
| 4.4.3 | CAPACITAT DE RETENCIÓ D'AIGUA DISPONIBLE (CRAD) | |
| 4.4.4 | PERCENTATGE D'HUMITAT I DENSITAT APARENT | |
| 4.4.5 | CONDUCTIVITAT HIDRÀULICA SATURADA | |
| 4.4.5.1 | Entrada d'aigua al sòl: infiltració, conductivitat hidràulica i sortivitat | |
| 4.4.5.2 | Descripció i funcionament del permeàmetre de disc | |
| 4.4.5.3 | Preparació del permeàmetre de disc per efectuar mesures | |
| 4.4.5.4 | Limitacions del permeàmetre de disc per obtenir les mesures de conductivitat hidràulica | |
| 4.4.5.5 | Obtenció del valor de la conductivitat hidràulica saturada i la sortivitat | |
| 4.5 | PARÀMETRES QUÍMICS ANALITZATS | pàg. 48 |
| 4.5.1 | REACTIVITAT DEL SÒL | |
| 4.5.2 | CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA | |
| 4.5.3 | MATÈRIA ORGÀNICA | |
| 4.6 | ANÀLISI ESTADÍSTIC | pàg. 50 |
| 4.6.1 | METODOLOGIA D'ANÀLISI | |
| 4.6.2 | SIMBOLOGIA UTILITZADA | |
| 5. | RESULTATS I DISCUSSIÓ DELS RESULTATS | |
| 5.1 | ANÀLISI SEGONS ELS AMBIENTS SELECCIONATS | pàg. 56 |
| 5.1.1 | PARÀMETRES QUÍMICS | |
| 5.1.1.1 | Matèria orgànica | |
| 5.1.1.2 | pH | |

| | | |
|---------|---|----------------|
| 5.1.1.3 | Conductivitat elèctrica | |
| 5.1.2 | PARÀMETRES FÍSICS | |
| 5.1.2.1 | Granulometria | |
| 5.1.2.2 | Textura i classe textural | |
| 5.1.2.3 | Estabilitat dels agregats | |
| 5.1.2.4 | Densitat aparent | |
| 5.1.2.5 | Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) | |
| 5.1.2.6 | Conductivitat Hidràulica i Sortivitat | |
| 5.2 | ANÀLISI SEGONS EL GRADIENT ALTITUDINAL | pàg. 66 |
| 5.2.1 | PARÀMETRES QUÍMICS | |
| 5.2.1.1 | Matèria orgànica | |
| 5.2.1.2 | pH | |
| 5.2.1.3 | Conductivitat elèctrica | |
| 5.2.2 | PARÀMETRES FÍSICS | |
| 5.2.2.1 | Estabilitat dels agregats | |
| 5.2.2.2 | Textura i classe textural | |
| 5.2.2.3 | Granulometria | |
| 5.2.2.4 | Densitat aparent | |
| 5.2.2.5 | Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) | |
| 5.2.2.6 | Conductivitat hidràulica i sortivitat | |
| 5.3 | ANÀLISI ENTRE VARIABLES SEGONS L'AMBIENT | pàg. 78 |
| 6. | CONCLUSIONS | pàg. 83 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA | pàg. 86 |

1. INTRODUCCIÓ

Des de fa molts segles el cultiu principal a la comarca del Priorat ha sigut la vinya. Els vins obtinguts s'han caracteritzat per la gran qualitat en grau i en color. Durant els segles XVII a XIX la zona de conreu de la vinya es va expandir notablement, aprofitant les zones amb fort pendent i de difícil accés. Amb l'arribada de la fil·loxera, a finals del segle XIX, aquestes zones es van deixar de conrear.

En les zones mediterrànies les pluges es concentren en les èpoques de poc aprofitament per la vinya, de manera que el bon creixement de la vinya dependrà en gran part de l'aigua emmagatzemada en el sòl (Matthews et al., 1990).

La comarca del Priorat té un clima mediterrani semi àrid, caracteritzat per elevades temperatures, sobretot a l'estiu i per l'escassa precipitació. El relleu que hi trobem és muntanyós, amb pendents suaus o mitjans i sòls d'esquistos.

Amb la intensificació de l'agricultura a partir de la dècada dels 80, s'expandeixen les zones de cultius, es busquen les millors zones per a cada cultiu per obtenir productes de gran qualitat. A la comarca del Priorat aquest fet ha comportat que es tornin a cultivar les zones conreades en els segles XVIII i XIX, i també que s'obrin noves zones de conreu actualment ocupades per boscos i matolls.

La mecanització en l'agricultura moderna ha comportat que les noves zones de conreu s'hagin de transformar per permetre l'entrada de maquinària per instal·lar emparrats i sistemes de reg, i mecanitzar la majoria de les feines.

Principalment, les transformacions han consistit en passar del relleu de pendents a un relleu de terrasses, triturant els materials grollers del sòl, i provocant una alteració del règim hídric i de les propietats físiques, químiques i hidrològiques del sòl.

En altres estudis realitzats per Nacci (2001) i Ramos (1999) en zones vinícoles amb pendent, s'ha demostrat que aquestes transformacions comporten problemes d'erosió i de reducció de l'aigua disponible per les plantes.

Amb l'estudi i coneixement de les propietats hidrològiques dels sòls podem determinar el comportament d'aquests a llarg plaç. Coneixent i calculant paràmetres com la infiltració i la retenció o capacitat d'emmagatzematge d'aigua, podem determinar les quantitats de pluges que generen escolament i erosió, quines són les dosis de reg són les més aconsellables, o com fer un bon disseny i dimensionament del sistemes de reg. El coneixement d'aquests paràmetres és encara més important en zones amb pluviometria molt irregular com les de la zona d'estudi, que presenta pluges poc freqüents però que poden tenir intensitats molt elevades.

Amb el present estudi es volen determinar els canvis en les propietats físiques, químiques i, sobretot, en les propietats hidrològiques del sòl al fer una transformació del relleu per fer

plantacions de vinyes, així com determinar les variacions en aquestes propietats al llarg d'un transsecte altitudinal en una conca fluvial.



Imatge 1.1. Confluència de zones transformades, zones amb vinya vella i bosc en la zona del Priorat.

OBJECTIUS

2. OBJECTIUS

Els aterrasaments que s'han dut a terme al Priorat han afectat tan a sòls no alterats, com a sòls aterratsats al segle XVIII per implantar vinya. La transformació actual ha consistit en la realització de nous abancalaments, utilitzant maquinària pesant. Aquest sòls tenen un alt contingut d'elements grollers, que en alguns casos s'han triturat i voltejat en els primers 80cm. Per tant s'analitza, no sols la influència de l'aterassament sinó també la de la trituració addicional en vers de la situació existent abans de la transformació.

L'objectiu principal del projecte és avaluar la variació d'algunes propietats hidrològiques del sòl, com la capacitat de retenció d'aigua o la conductivitat hidràulica de sòls del Priorat, al fer un aterrasament del terreny.

Les objectius específics del treball inclouen:

- 1- Conèixer la variabilitat de les propietats esmentades en vinyes abans i després de l'aterassament.
- 2- Conèixer les relacions entre les propietats hidrològiques dels sòls de l'àrea d'estudi amb algunes propietats físiques i químiques, com la granulometria, densitat aparent, textura, matèria orgànica, estabilitat dels agregats del sòl, pH i conductivitat elèctrica.
- 3- Comprovar si hi ha variabilitat espacial de les propietats hidrològiques entre les parts més elevades i les parts més baixes al llarg de la vessant.

ANTECEDENTS

3. ANTECEDENTS

3.1. EL CULTIU DE LA VINYA AL PRIORAT

La tradició vinícola del Priorat data del segle XII, quan els monjos cartoixans de l'ordre de Sant Bru començaren a cultivar vinyes en els seus terrenys (www.priorat.org).

Fins al segle XIX es produeix un creixement de les hectàrees conreades amb vinya al Priorat, i és a mitjans del segle XIX quan el conreu de la vinya arriba a la seva època daurada i esdevé el cultiu agrícola més important al Priorat i a Catalunya.

Durant la segona meitat del segle XIX, països europeus amb gran tradició vinícola, com França i Itàlia, estan afectats plenament per la plaga de la fil·loxera, que provoca una mortaldat de pràcticament el 100% dels ceps europeus en pocs anys.

Amb els ceps del Priorat encara no afectats per aquesta plaga, el vi esdevé un producte de fàcil sortida als mercats interiors i s'exporta fàcilment a l'exterior, principalment a Amèrica (Nadal, 2002).

Amb la disminució de la producció europea, el preu del vi del Priorat experimenta un fort augment en el preu i es deixen de fer exportacions a Amèrica. Els pagesos de la zona aprofiten aquest moment per augmentar la superfície de conreu:

- Es construeixen murs de pedra seca en els pendents de valls i muntanyes, per fer feixes on conrear la vinya.
- S'eliminen matolls i petits arbres de les zones amb pendents suaus per plantar ceps.

El Priorat en aquests anys esdevé una comarca pròspera gràcies al cultiu de la vinya.

Tot i saber de la importància de la plaga, els vinyaters catalans fan molt poques plantacions amb peus americans resistents a la fil·loxera (ja provats a França), així a la província de Tarragona de les 13.892 ha plantades, només n'hi ha 87 ha amb peus resistents.

La fil·loxera entra a Catalunya per l'Empordà l'any 1879, i arriba al Priorat l'any 1893. Tots els remeis que s'intenten per aturar l'avenç de la plaga són inútils, i en pocs anys la comarca entra en una crisi econòmica molt important.

La gent ha de deixar el camp per anar a les indústries de la ciutat, i el Priorat experimenta una important i contínua disminució de la població, passant de 27.958 habitants l'any 1887 als 10.432 de l'any 1981. El poble de Porrera perd un 73% de la població en aquest mateix període (Margalef, 1985).

A partir de l'any 1990 l'activitat vinícola torna a experimentar un gran creixement, i es valoren el consum de productes locals i les varietats tradicionals.

El reconeixement de la qualitat dels vins amb les Denominacions d'Origen i la conscienciació social dels efectes beneficiosos del vi, provoquen que es tornin a conrear amb vinya en els vessants, fent abancalaments i plantacions modernes, i introduint noves varietats.

En el període 1998 – 2003 es planten més de 500 ha de noves vinyes (Fonseca, 2006), amb un total de 3.700 ha entre vinyes velles i vinyes de nova plantació l'any 2003.

En aquestes vinyes de nova plantació s'intenta tenir el màxim control de les plantacions i els ceps, intentant reduir les despeses de manteniment i recol·lecció, introduint fertirrigació i intentant mecanitzar al màxim les feines. Per aconseguir-ho s'utilitza maquinària pesant per transformar els pendents en terrasses amb espai suficient per la circulació de tractors i màquines de recol·lecció. El vessants són transformats en petites feixes i talussos.

En vinyes velles s'obtenen produccions d'entre 1200 i 1500 kg/ha, mentre que en les vinyes joves en plena producció s'obtenen produccions voltant de 5.000 o 6.000 kg/ha (www.doqpriorat.org).

3.2. ESTUDIS PREVIS A LA ZONA

Durant les darreres dècades, els vins de Priorat han recuperar prestigi i han sigut mereixedors de la màxima qualificació. Això a fet que a la zona s'hagin portat a terme diferents actuacions i estudis, molts d'ells referents a factors referents a la vinya (plantació, poda o recol·lecció per augmentar la qualitat de raïm). Els estudis referents a les propietats i transformacions del sòl, i més concretament els relacionats amb les propietats hidrològiques del sòl realitzats en la zona són però, molt escassos.

Margalef i Trias (1985) i Nadal (2002) han realitzat diversos estudis generals dels tipus de sòls del Priorat i dels paràmetres climatològics més importants, així com de vegetació, fauna i de característiques generals del paisatge d'aquesta comarca.

Nacci (2001) estudia les alteracions en el règim hídric del sòl degudes al canvi de maneig i a la mecanització de la producció en zones amb cultiu de vinya de les comarques de l'Anoia i l'Alt Penedès. Léonard i Andrieux (1998) estudien la infiltració en zones de cultiu de vinya al sud de França.

Fonseca (2006) analitza el balanç hídric en sòls de vinya del Priorat, afectat per canvis en el maneig i el clima.

3.3. PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES DEL SÒL

3.3.1 PROPIETATS QUÍMIQUES

Les propietats químiques estudiades en el present treball són el pH, la conductivitat elèctrica (CE) i la matèria orgànica (MO).

El pH del sòl indica el grau d'acidesa o de basicitat del mateix, és a dir la concentració dels ions H^+ i OH^- . El pH pot presentar en el medi natural un interval de valors des de 3,0 (donant lloc a sòls de sulfats àcids) fins a 12,0 (sòls alcalins).

Valors de pH inferiors a 5,5 poden provocar problemes importants d'acidesa al sòl, amb toxicitat per alumini i manganès i poca disponibilitat dels nutrients per part de les plantes. Sòls amb valors de pH superiors a 9 també impedeixen el correcte desenvolupament de la vegetació, amb presència abundant de carbonat sòdic, toxicitat per sodi i bor i escassa activitat microbiana.

L'acidesa o basicitat del sòl té gran influència en moltes propietats del sòl, tant físiques com químiques, així com en l'establiment i creixement de les plantes. Algunes d'aquestes propietats són: estructura, conductivitat hidràulica, porositat, meteorització química, mobilitat d'elements tòxics com l'alumini i el manganès, descomposició de la matèria orgànica, entre d'altres.

La CE és una mesura de la capacitat del sòl en deixar passar i circular corrent elèctrica. El valor depèn de la concentració de sals, però també es veu afectada per altres factors físics com la humitat i la temperatura.

La MO del sòl engloba matèria orgànica fresca i humus. La matèria orgànica fresca està formada per biomassa vegetal procedent de parts aèries i parts soterrades de la vegetació i per dejeccions d'animals. L'humus està constituït per substàncies resultants de l'alteració de productes sintetitzats per plantes i microorganismes.

Els principals factors que influeixen en el contingut de matèria orgànica són: vegetació, clima, organismes presents en el sòl, drenatge, textura, composició d'argiles i estructura entre d'altres.

La MO s'ha considerat un bon indicador de la qualitat d'un sòl, ja que moltes propietats físiques, químiques i biològiques del sòl hi estan directament o indirectament relacionades.

3.3.2 ESTRUCTURA I DENSITAT DEL SÒL

L'estructura del sòl indica l'ordenació de les diferents partícules que componen el sòl.

Els sòls ben estructurats presenten una correcta relació entre les partícules sòlides i els espais buits, permetent la circulació d'aigua, aire i nutrients pel perfil de sòl, i afavorint el desenvolupament i activitats dels microorganismes.

L'estructura doncs, està directament relacionada amb les propietats hidrològiques del sòl, com la infiltració, la conductivitat hidràulica o la CRAD.

La densitat relaciona el pes de la fase sòlida del sòl amb el volum que ocupa. La densitat és un paràmetre de gran interès pel maneig del sòl i per l'establiment dels cultius, ja que permet preveure els problemes d'emergència i arrelament de les plantes, i de circulació d'aigua i aire a través del sòl.

3.3.3 ESTABILITAT ESTRUCTURAL DEL SÒL

L'estabilitat de l'estructura del sòl depèn bàsicament de la presència d'agregats. Els agregats són agrupacions de partícules a partir d'interaccions físico-químiques entre les argiles i la matèria orgànica. Per la formació d'aquests agregats és bàsica una bona estructura del sòl que permeti la circulació d'aire, aigua i microorganismes que permetin l'arrelament i l'aportació de matèria orgànica al perfil del sòl.

Factors com el feinejat del sòl, el pas de maquinària, la conversió a regadiu, entre d'altres poden provocar el trencament dels agregats i disminuir l'estabilitat estructural del sòl.

Algunes de les propietats que depenen de l'estabilitat estructural són:

- Compactació. Amb un sòl ben estructurat s'evita el segellat del sòl i la compactació, facilitant l'establiment dels cultius i la infiltració de l'aigua.
- Infiltració. Una bona estabilitat estructural disminueix l'escorrentia, reduint l'erosió i augmentant la retenció d'aigua.
- Porositat. Els sòls ben estructurats tenen major conductivitat hidràulica, permeten el desenvolupament dels microorganismes aeròbics, afavoreixen l'activitat de la fauna del sòl i el desenvolupament de les arrels, permetent un major creixement de les plantes.

3.3.4 CAPACITAT DE RETENCIÓ D'AIGUA

La capacitat de retenció d'aigua és la quantitat d'aigua retinguda en un sòl sotmès a dos situacions de potencial: la capacitat de camp i el punt de marciment permanent.

La capacitat de camp és el contingut d'aigua en el sòl després de 48 hores d'un reg o una pluja, i representa la situació que es dona quan la majoria dels macro porus estan ocupats per aire.

Al laboratori la capacitat de camp s'estima com l'aigua retinguda per un sòl sotmès a una pressió de 33 kPa.

El punt de marciment es defineix com el contingut d'aigua per sota del qual les plantes mesòfiles no poden extreure aigua del sòl. Representa contingut d'aigua del sòl a partir del qual les arrels no poden extreure'n aigua. Al laboratori s'estima sotmetent el sòl a una pressió de 1500kPa.

La CRAD representa doncs la quantitat d'aigua que poden extreure les plantes a través de les arrels, de manera que és un paràmetre fonamental per poder preveure l'establiment d'un cultiu en un sòl determinat, convertint-se en un paràmetre fonamental en l'estudi de l'aigua al sòl i la determinació de les freqüències i dosis de reg.

3.4. IMPORTÀNCIA DELS ELEMENTS GROLLERS EN LES PROPIETATS HIDROLÒGIQUES DEL SÒL

La fracció grollera del sòl és la que engloba les partícules de més de 2 mm de diàmetre (Fernández, 1999). Aquest material groller es classifica segons Pla (1999) en graves (partícules de 2 a 20 mm) i pedres (partícules més grans de 20 mm).

Podem considerar que un sòl és pedregós quan la fracció grollera representa el 40% o més del volum del sòl (ISRIC, 1994). Segons Poesen (1990), aquests sòls representen el 60% de la superfície de l'Europa mediterrània.

Molts autors han considerat que les partícules majors de 2mm no tenien influència en moltes de les propietats dels sòls i les han descartat a l'hora d'avaluar la majoria de les propietats físiques del sòl. Darrerament però, diversos treballs han demostrat que aquests fragments grollers tenen gran influència en propietats com la porositat, la retenció d'aigua, la capacitat d'intercanvi catiònic o el contingut de carboni orgànic i de nitrogen total. Segons Fernández (1990), en aquestes propietats la fracció grollera té una importància igual o major que la de les partícules menors de 2mm.

Altres autors que van assenyalar la influència dels elements grollers en algunes propietats físiques del sòl són: El Boushi i Davis (1969), Jones i Graham (1993); Montagne i al. (1992), o Poessen i Lavee (1994).

Segons els treballs realitzats per El Boushi i Davis (1969), l'aigua és retinguda en els fragments majors de 2mm del sòl de diferent manera segons la naturalesa i mida d'aquests fragments.

Segons Poesen i Lavee (1994), els fragments grollers afecten en la intensitat dels processos hidrològics. Els fragments situats en la superfície afecten a la intercepció de la pluja, l'evapotranspiració i a l'escorrentia, i solen actuar com un *mulch* en la superfície del sòl, mentre que els fragments grollers situats sota la superfície del sòl afecten a la infiltració i a la producció d'escorrentia.

Autors com Stuart i Dixon (1973), Dunn i Mehuys (1984), Constanz i al. (1988) o Brakensiek i Rawls (1994), indiquen que la infiltració disminueix conforme augmenta el percentatge de materials grollers a l'interior de sòl, degut a l'encapsulació de l'aire, la tortuositat d'avenç de l'aigua i a la reducció de la secció transversal. Aquests autors també assenyalen que els efectes de la fracció grollera en l'escorrentia depenen de la continuïtat i dinàmica dels macroporus, de la textura del material fi, i de la quantitat i composició dels fragments grollers. Segons Beven i Germann (1982), Flint i Childs (1984), Ingelmo i al. (1994), van Wesemael i al. (1995) la dinàmica dels macroporus depèn de la mida i morfologia dels fragments grollers i dels canvis de volum deguts a processos químics i físics.

Per Ingelmo i al. (1994) la presència de materials grollers a l'interior del sòl, implica un augment de l'aigua disponible i una disminució de l'aigua gravitacional.

Pel que fa a la influència de la presència de material groller superficial en la infiltració del sòl, per autors com Grant i Struchtemeyer (1959), Jung (1960), Colliner i Valentin (1979), Collinet (1988) i Simanton i al. (1984), la infiltració augmenta conforme augmenta la proporció de fragments de roca en la superfície. En canvi segons els estudis de Blackburn (1975), Wilcox i al. (1988), Casenave i Valentin (1992) la presència de materials grollers en superfície fa reduir la capacitat d'infiltració.

Segons Ravina i Magier (1984), la presència de materials grollers en els 20 primers cm del sòl millora les propietats físiques del sòl, augmentant la porositat i la conductivitat hidràulica, ja que dificulten la compactació del sòl.

La mida dels fragments grollers també té influència en la capacitat d'infiltració del sòl. Com més grans són aquests fragments grollers major infiltració tindrà el sòl (Wilcox et al., 1998).

Alguns autors convenen que aplicar fragments grollers a la superfície del sòl, ofereix una protecció a l'impacte de les gotes de pluja, impeding la compactació superficial i la impermeabilització.

Segons Abrahams i Parsons (1991) la presència de vegetació també té influència en els efectes dels materials grollers en els sòls. Els seus estudis van concloure que si hi ha presència de coberta vegetal, hi ha major matèria orgànica, fauna edàfica, i per tant major porositat i infiltració, mentre que en els espais erms de vegetació augmentava l'erosió i disminuïa la infiltració degut a la cimentació i impermeabilització.

Tots aquests estudis indiquen la importància de la granulometria del sòl en la dinàmica de l'aigua, tan per la presència de materials grollers superficials com en el perfil de sòl. De manera que és difícil de predir el comportament de l'aigua en el sòl tenint en compte només la fracció fina del mateix, fent-se necessari en aquests tipus de sòls amb materials grollers els anàlisis d'infiltració i conductivitat.

3.5 IMPORTÀNCIA DE L'AIGUA EN EL CULTIU DE LA VINYA

3.5.1 NECESSITATS HÍDRIQUES DE LA VINYA

Les necessitats hídriques de la vinya depenen de molts factors, com la temperatura, pluja, humitat i tipus de sòl, entre d'altres (Doorembos, 1980).

Generalment s'estima una necessitat hídrica d'uns 450 mm anuals amb densitats de plantació normals, sense tenir en compte les pèrdues per evaporació, consum d'altra vegetació espontània,

etcètera. Les necessitats arriben al seu màxim a la fase mitjana del cultiu, en els mesos de juny a agost, que coincideix amb l'època de major dèficit hídric.

El reg depèn bàsicament de la pluviometria, però per aplicar-lo és més important conèixer les necessitats hídriques del cultiu.

Des de la brotació fins al verolat les necessitats augmenten, i a partir d'aquest disminueixen. Excessos d'aigua en el període de creixement vegetatiu provoquen un retard en la maduració, i per tant veremes tardanes. Si els excessos són durant la floració provoquen un excés del vigor, mentre que si els excessos són després del verolat es produeix un augment de la mida dels raïms, disminuint-ne el contingut de sucres i augmentant-ne l'acidesa.

3.5.2 EFECTES DE L'ESTRÉS HÍDRIC EN LA VINYA

El dèficit hídric provoca bàsicament una reducció del creixement del cep, tan dels òrgans vegetatius (arrels i tronc), com en els reproductius, que comporta una reducció de la producció.

Segons l'estat del cultiu, els efectes provocats per l'estrès hídric són:

- Brotació- floració. Tot i no ser un període que presenti estrès hídric, ja que la demanda hídrica del cultiu és molt baixa, es poden produir deficiències en la brotació i brotacions desiguals.
- Floració - quallat. L'efecte més evident és la reducció del nombre de raïms (reduint la producció potencial).
- Quallat - verolament. L'estrès hídric provoca en aquest període una disminució de la producció i de l'àrea foliar. Aquesta reducció de l'àrea foliar, a més pot provocar una menor resistència de la planta a les gelades de tardor i a les temperatures baixes hivernals.
- Verolament - collita. El dèficit hídric en aquest període pot provocar l'envelliment prematur de les fulles i ocasionar cremades en els raïms, reduint-ne el pes.

Molts autors afirmen que un lleuger dèficit hídric en aquesta fase ajuda a la correcta maduració del raïm. Els regs excessius en aquest període comporten un augment de la quantitat de raïms i del pes d'aquests, donant vins de menor graduació alcohòlica. Així doncs, per obtenir vins amb forta graduació és necessari un lleuger dèficit hídric

- Collita – caiguda de fulles. No és habitual que es produeixi dèficit hídric en aquest període, ja que el cultiu no requereix massa aportacions hídriques. Si es produeix dèficit pot comportar reducció del creixement radicular.

És molt important que en els primers quatre anys la planta no pateixi estrès hídric, ja que és el període de major desenvolupament radicular.

3.6. UTILITZACIÓ DEL PERMEÀMETRE DE DISC

Per determinar molts dels paràmetres hidrològics dels sòls s'han utilitzat diferents mètodes en els darrers anys. Alguns d'ells són: l'infiltròmetre de doble anell (Bouwer, 1986), el mètode del pou (Van Beers, 1970), el permeàmetre de Guelph (Reynolds i al., 1983), els simuladors de pluja (Tossell i al., 1987), el permeàmetre de velocitat (Merva, 1987) i el mètode dels anells bessons (Scotter i al., 1982).

Els infiltròmetres de disc a tensió, anomenats també permeàmetres de disc són molt utilitzats per determinar a camp, les propietats hidràuliques de sòls saturats o propers a la saturació (Clothier i White (1981), Wilson i Luxmoore (1988), Warrick (1992), Messing i Jarvis (1993), Haverkamp i al. (1994), Smettem i al. (1995)). El principal avantatge del seu ús és la poca quantitat d'aigua que es necessita per portar a terme les mesures. Per contra, la petita superfície que s'utilitza requereix fer repeticions, degut a les irregularitats del terreny.

Per mesurar paràmetres hidràulics, com la conductivitat hidràulica o la sorptivitat, s'han desenvolupat diferents mètodes de càlcul utilitzant els permeàmetres de disc (White i Sully (1987), Smettem i Clothier (1989), Ankeny i al. (1991), Reynolds i Elrick (1991), Logson i Jaynes (1993), Cook i Broerben (1994)).

White i al. (1992) determinen la conductivitat hidràulica del sòl, la difusivitat, la llargada dels porus i la mida mitjana dels porus del sòl, mitjançant un disc permeàmetre.

Utilitzant el permeàmetre de disc White i Sully (1987) van estimar les mides dels porus del sòl, per caracteritzar-lo. Jarvis i al. (1987) van utilitzar els permeàmetres per determinar les taxes d'infiltració, mentre que Perroux i White (1988) van demostrar la contribució dels macroporus al flux total d'infiltració, mesurant aquest flux a diferents potencials d'aplicació d'aigua.

Joel i Messing (2000), comparen dos mètodes pel càlcul de la conductivitat hidràulica amb infiltròmetres de disc, tenint en compte principalment la simplicitat en les operacions de càlcul i el sumatori d'errors o pertorbacions. Sullivan i al. (1996), calculen la conductivitat hidràulica en pendents, i per resoldre el problema del pendent col·loquen una capa de sorra fina de manera que s'aconsegueix un repartiment uniforme de l'aigua per tota l'àrea del disc.

Per Dann i Top (2002), les determinacions amb el permeàmetre de disc permeten quantificar els efectes dels macroporus pels camins preferencials del flux. Per McKenzie et al (2002) aquestes determinacions permeten aplicar les dosis correctes de reg.

El càlcul del volum de mostra representativa per caracteritzar un sòl, anomenat com REV (Bear, 1972), va ser també determinat mitjançant el permeàmetre de disc Buytaert et al., (2005).

Prieto (2006) compara els resultats de conductivitat hidràulica utilitzant el permeàmetre de disc i els infiltròmetres d'anells bessons i determina que amb el permeàmetre es requereixen menys proves i menys consum d'aigua per trobar resultats representatius.

4. MATERIALS I MÈTODES

4.1. ÀREA D'ESTUDI

4.1.1. LOCALITZACIÓ

La comarca del Priorat es troba a l'extrem nord oriental de la península ibèrica, a l'interior de la província de Tarragona, i amb una superfície de 197 km² representa l'1,6% de la superfície de Catalunya (Figura 4.1). Els límits de la comarca són de 41°21' a 41° 4' de latitud nord i de 0°39' a 0° 59' de longitud est.

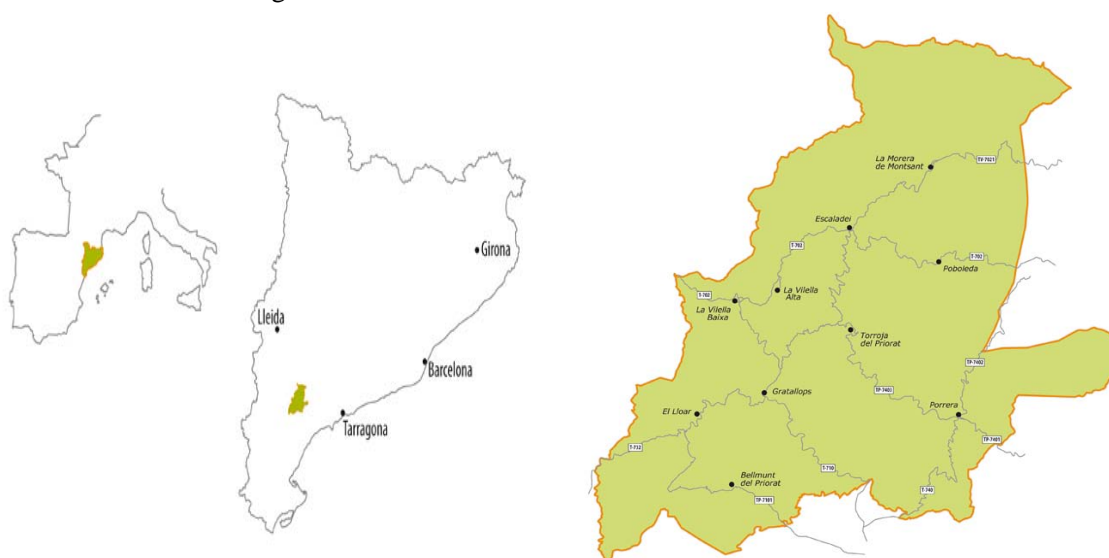


Figura 4.1. Localització del Priorat (Font: DOQ Priorat).

Tradicionalment s'ha dividit la comarca en quatre parts:

- Baix Priorat: representa el 32,40% de la superfície de la comarca, té un relleu accidentat amb sòls de naturalesa calcària, i està formada pels municipis de la Figuera, el Molar, Masroig, Guiamets, Marçà, Capçanes, Torre de Fontaubella, Pradell i Falset, que és la capital de la comarca.
- Baronia de Carbassers: representa el 15,54% de la superfície, on es troba bona part de la serra del Montsant, i cultius d'olivera i ametllers en les valls. Està formada pels pobles de Carbassers, la Bisbal de Falset i Margalef.
- Cornudella - Ulldemolins: representa el 23,60% de la superfície que corresponen als terrenys calcaris situats entre les muntanyes de Prades i el Montsant. Dominen els cultius de vinyes, ametllers i oliveres, i la formen els pobles de Cornudella, Ulldemolins i Arbolí.

- Priorat geològic: representa el 28,46% de la superfície. És una zona amb presència de sòls amb llicorella, formats a partir d'esquistos paleozoics, que donen unes característiques particulars a aquesta zona i són causa del nom de Priorat geològic. Hi abunden els cultius de vinya i avellaners. Està formada pels pobles de Gratallops, la Vilella Baixa, la Vilella Alta, Torroja del Priorat, Poboleda, Porrera, Bellmunt de Ciurana, Lloà i la Morera del Montsant (Margalef i Trias, 1985).

L'àrea d'estudi es troba al terme municipal de Porrera, en l'anomenat Priorat geològic.

4.1.2. CLIMATOLOGIA

A la comarca del Priorat es poden diferenciar perfectament dues zones climàtiques. Degut a la orografia del terreny es pot dividir climàticament la regió en:

- Zona nord, corresponent a la conca del riu Montsant. Aquesta zona està orientada clarament cap a l'interior i rep les influències directes de la vall de l'Ebre. Hi trobem un clima molt similar a les comarques interiors properes a l'Ebre.
- Zona de la serra del Montsant. Aquesta zona està orientada cap a l'est, i rep influències mediterrànies. La serra protegeix les zones interiors dels vents i temporals que arriben de mar.

Aquesta doble influència interior i mediterrània provoca que els valors dels paràmetres climàtics que trobem al Priorat canviïn molt en distàncies curtes (Nadal, 2002).

Pel que fa a les dades climàtiques cal dir que no es disposa de massa informació de la climatologia del Priorat, ja que es tenen poques sèries de valors dels paràmetres climàtics, i aquestes sèries són de pocs anys.

El Servei Meteorològic de Catalunya disposa de sèries d'estacions meteorològiques automàtiques a Falset, Ulldemolins i Margalef, des de l'any 1997 i de Torroja de Priorat, des de 2004. La sèrie més llarga correspon a Cabacés (AEMET). Com a observatori més representatiu de la zona on es desenvolupa el present treball (Priorat geològic), es pot citar l'observatori de Torroja del Priorat.

El diagrama ombrotèrmic de la zona (Figura 4.2) evidencia un règim pluviomètric PTHE, amb pluviometria concentrada a la primavera i, sobretot als mesos de tardor, amb molt poca precipitació a l'estiu (mínima al mes de juliol). Les temperatures tenen el seu màxim els mesos de juliol i agost, i l'amplitud tèrmica anual és molt elevada.

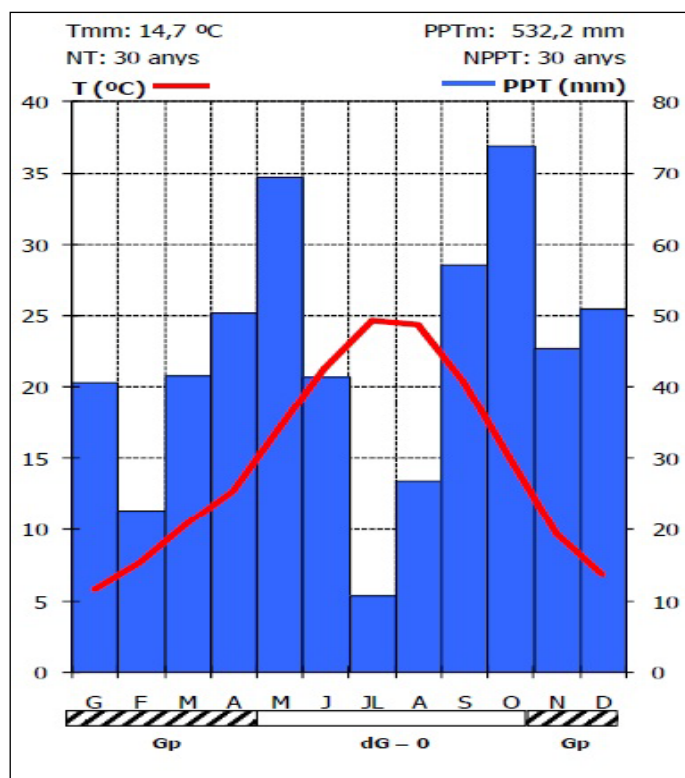


Figura 4.2. Diagrama ombrotèrmic de l'estació de Cabacés (Priorat), de la sèrie 1971-2000.

4.1.2.1 Temperatures

Les temperatures que trobem al Priorat es caracteritzen per ser relativament moderades a l'estiu i força baixes a l'hivern.

La temperatura mitjana anual es troba al voltant de 15°C, i el mes més fred és el gener amb una temperatura mitjana de 6°C, mentre que els mesos més càlids són el juliol i l'agost amb 23°C de temperatura mitjana.

A la taula 4.1 es mostren les mitjanes de les temperatures mitjanes (TMM), màximes (TMMax) i mínimes (TMMin) enregistrades als tres observatoris que trobem al Priorat (Falset, Margalef i Ulldemolins). Les dades es presenten des de l'any 1997 fins al 2003.

Taula 4.1. Dades de les mitjanes de les temperatures (°C) mitjanes, màximes i mínimes a les estacions de Falset, Margalef i Ulldemolins del període 1997-2003.

| FALSET | | | MARGALEF | | | ULLDEMOLINS | | |
|--------|-------|-------|----------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| TMM | TMMax | TMMin | TMM | TMMax | TMMin | TMM | TMMax | TMMin |
| 15,2 | 21,1 | 10,3 | 14,4 | 20,8 | 8,7 | 13,7 | 20,4 | 7,4 |
| 14,9 | 21,1 | 9,9 | 13,9 | 20,8 | 8,1 | 13,3 | 21,0 | 7,0 |
| 14,4 | 20,2 | 9,9 | 13,8 | 20,3 | 8,3 | - | - | - |
| 15,2 | 21,1 | 10,5 | 14,9 | 21,8 | 9,1 | 13,7 | 19,7 | 8,7 |
| 14,0 | 19,7 | 9,3 | 13,5 | 20,0 | 7,9 | 12,4 | 18,3 | 7,7 |

Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

El Priorat presenta una important oscil·lació tèrmica mitjana, amb un valor de 16.8°C. Segons Hidalgo (2002), aquesta important diferència de temperatures entre el dia i la nit, ve donada per la continentalitat de la zona, i afavoreix el bon desenvolupament i maduració de la vinya.

A la figura 4.3 es mostren la mitjana de les temperatures màxima i mínima mensuals de l'estació de Torroja del Priorat de l'any 2010. Podem comprovar la gran amplitud tèrmica mensual sobretot en els mesos d'hivern.

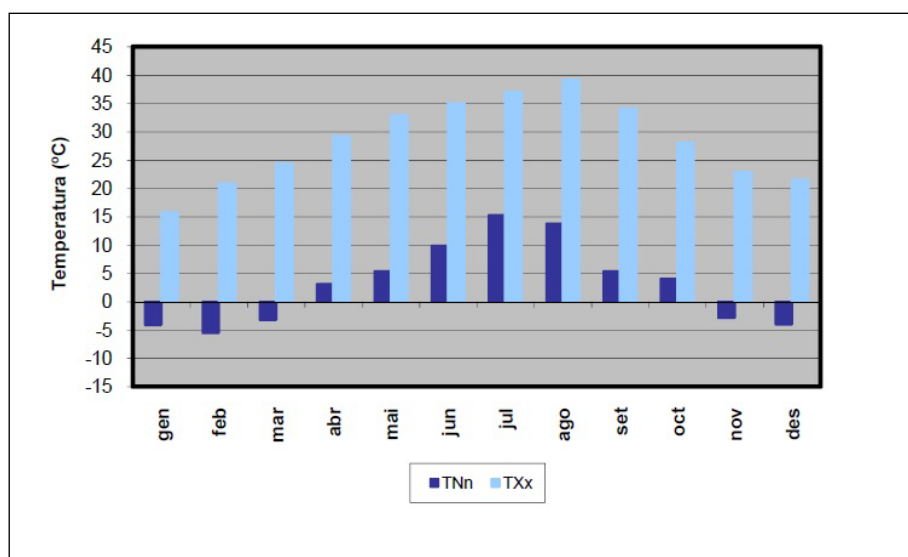


Figura 4.3. Temperatura mitjana màxima i mínima mensual de l'estació de Torroja del Priorat de l'any 2010.

4.1.2.2. Precipitacions

Les precipitacions a la zona del Priorat es caracteritzen per la seva irregularitat, s'alternen anys amb importants precipitacions amb anys més secs. Les precipitacions anuals van dels 350 als 700 mm, essent valors habituals els pròxims a 500 mm (www.doqpriorat.com). A la taula 4.2 es mostren els valors de precipitació anual enregistrats a Falset, Margalef, Torroja del Priorat i Ulldemolins de la sèrie 1997-2010. Es pot observar que si bé en alguns anys la precipitació total és semblant en altres no hi ha cap correlació entre observatoris, el que evidencia la variabilitat espacial típica de zones mediterrànies.

Taula 4.2. Dades de les mitjanes de precipitacions anuals (mm) a les estacions de Falset, Margalef, Torroja del Priorat i Ulldemolins en l'interval 1997-2010.

| ANY | FALSET | MARGALEF | TORROJA DEL PRIORAT | ULLDEMOLINS |
|-------------|--------|----------|------------------------|-------------|
| 1997 - 2010 | 523,3 | 408,1 | 497,8 | 491,5 |

Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

Dins d'un mateix any les precipitacions són també irregulars, concentrant-se bàsicament a la tardor. Aquestes pluges poden ser molt intenses i concentrar grans quantitats d'aigua en poc temps, com les de la tardor del 2000, en la que es van recollir més de 300 mm de precipitació en tres dies (Nadal, 2002).

A la figura 4.4 podem comprovar la manca de precipitació durant els mesos d'estiu. Aquesta escassa precipitació i les elevades temperatures, provoquen en les plantes un dèficit hídric important, mentre que en els mesos de tardor les precipitacions són més elevades que l'evapotranspiració.

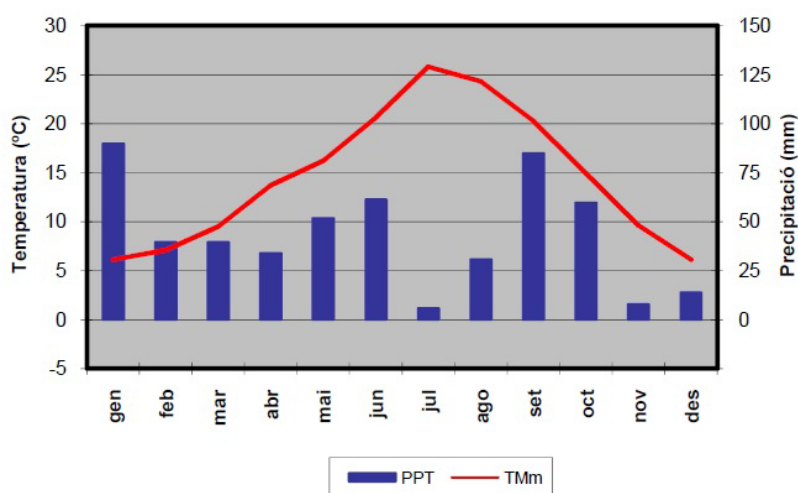


Figura 4.4. Diagrama ombrotèrmic de l'estació de Torroja del Priorat de l'any 2010.

4.1.2.3. Glaçades

El període de glaçades s'estén des de finals de novembre fins a mitjans de març (Nadal, 2002). Aquest període relativament llarg de glaçades, i sobretot les glaçades al mes de març, comporten problemes per determinats cultius que no suporten temperatures baixes un cop començat el cicle vegetatiu. A la taula 4.3 es mostren el nombre de dies de glaçada enregistrats a les estacions meteorològiques pròximes a l'àrea del projecte.

Taula 4.3. Dades dels dies de gelada a les estacions de Falset, Margalef, Torroja del Priorat i Ulldemolins.

| ANY | FALSET | MARGALEF | TORROJA DEL PRIORAT | ULLDEMOLINS |
|------|--------|----------|------------------------|-------------|
| 2007 | 18 | 40 | 23 | 57 |
| 2008 | 14 | 42 | 16 | - |
| 2009 | 16 | 35 | 21 | 30 |
| 2010 | 43 | 57 | 43 | 51 |

Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

4.1.2.4. Vents

Els vents predominants a la comarca provenen de direcció est i oest, tal i com es pot veure a la taula 4.4. Els vents de component oest corresponen a vents freds i secs, mentre que els provinents de l'est es donen sobretot a l'estiu i provoquen l'augment de la humitat relativa i suavitzen les temperatures (Nadal, 2002).

La velocitat mitjana anual dels vents està entre 3 m/s en l'estació de Falset fins als 0,7 m/s en l'estació de Torroja del Priorat. Aquestes velocitats són molt constants al llarg de tot l'any.

Taula 4.4. Dades de la direcció predominant del vent a les estacions de Falset, Torroja del Priorat i Ulldemolins.

| ANY | FALSET | TORROJA DEL PRIORAT | ULLDEMOLINS |
|------|--------|------------------------|-------------|
| 2007 | E | W | W |
| 2008 | E | W | - |
| 2009 | E | W | W |
| 2010 | W | W | W |

Font: Servei Meteorològic de Catalunya.

A la figura 4.5 s'observa la rosa dels vents de l'estació de Falset durant l'any 2010. Podem destacar la doble orientació de la procedència dels vents, amb dominància de vents de l'oest, però amb presència abundant de marínades provinents de l'est.

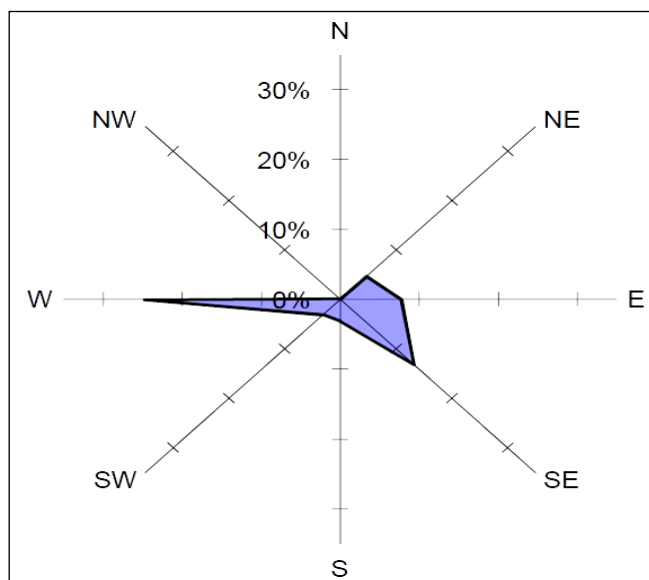


Figura 4.5. Rosa dels vents de l'estació de Torroja del Priorat l'any 2010.

4.1.3. GEOLOGIA I SÒLS

4.1.3.1. Geologia i sòls del Priorat

El Priorat es pot considerar com una comarca muntanyosa, degut al seu relleu accidentat, amb serralades, muntanyes i turons molt abundants, i per l'absència pràcticament de zones planes (Margalef i Taisas, 1985).

La comarca del Priorat està constituïda principalment per un ample basament paleozoic, originat pel desdoblament de la serra prelitoral, que va provocar l'ascens dels materials paleozoics del subsòl.

Els sòls del Priorat es caracteritzen per tenir una elevada pedregositat i un gran contingut de sorra. Són sòls poc fèrtils, amb baix contingut de matèria orgànica i baixa capacitat d'intercanvi catiònic. Presenten un pH lleugerament àcid o neutre, i absència de carbonat de calç i calç activa (Nadal, 2002).

A la comarca podem distingir tres àrees geològiques depenent dels materials originaris:

- L'àrea calcària, localitzada a la zona del Montsant (baix Priorat), on es troben llms procedents de materials calcaris del terciari, que formen la serralada del Montsant i altres serralades paral·leles.
- L'àrea granítica, a la zona de Falset i Marçà (també del baix Priorat), formada pels materials procedents dels granits de l'època precàmbrica, i que origina relleus suaus i els terrenys més aviat planers de les zones de vall.
- L'àrea de llicorella, situada a les localitats de la Vilella Alta, la Vilella Baixa, el Lloà, Gratallops, Torroja, Poboleda i Porrera. Es tracta de sòls, originats per esquists paleozoics del carbonífer, que seguint capes d'estratificació es trenquen i resten al sòl com a pissarres aplanades, anomenades "llicorella" en la zona del Priorat.

Els sòls de llicorella es caracteritzen per l'elevada pedregositat, i originen relleus en costers i turons amb pendent i, sovint amb abancalaments. L'àrea d'estudi es localitza a la població de Porrera en aquesta àrea de llicorella.

El present estudi es dona a terme en sòls de llicorella. Segons la classificació de la Soil Taxonomy (Sol Survey Staff, 1999), els sòls de l'àrea d'estudi es classifiquen com a *Lithic Xerothents*.

La pedregositat d'aquests sòls pot arribar a valors del 70%, fet que comporta que tinguin una infiltració elevada i baixa capacitat de retenció d'aigua. Els pH d'aquests sòls es troben al voltant de 6 i el contingut de matèria orgànica sol ser menor del 2%.

4.1.4. CULTIU DE LA VINYA AL PRIORAT A L'ACTUALITAT

4.1.4.1. Denominació d'Origen Qualificada (DOQ)

La Denominació d'Origen (DO) és el nom geogràfic d'una regió o comarca que designa un producte que es distingeix per qualitats o caràcters diferencials deguts al medi natural, al tipus d'elaboració i criança, o a les varietats cultivades. Cada DO té un Consell regulador que empara i protegeix els productes que s'elaboren i imposa una regulació per garantir i mantenir la qualitat i el prestigi dels productes.

La DO Priorat i el seu Consell Regulador van ser aprovats l'any 1954, i l'any 2000 respectivament. Gràcies a la revalorització que experimenten els vins del Priorat, s'aconsegueix la Denominació d'Origen Qualificada (DOQ) Priorat, i s'exigeix que els vins que es produeixen compleixin una sèrie de condicions (Nadal, 2002).

La zona de la DOQ Priorat comprèn una superfície de 197km². Consta de 42 cellers, i hi treballen 550 viticultors en les 1600 ha conreades amb vinya (anys 2005).

Tota la superfície de la DOQ es troba a la comarca del Priorat, i està limitada geogràficament per la serra del Montsant. Inclou els termes municipals de la Morera del Montsant, Scala Dei, la Vilella Alta, la Vilella baixa, Gratallops, Bellmunt del Priorat, Porrera, Poboleda, Torroja del Priorat, el Lloà, i la part nord dels municipis de Falset i el Molar (www.doqpriorat.org).

Els vins obtinguts a la resta de la comarca estan protegits per la DO "Montsant", o per la subdenominació "Falset i comarca", inclosa dins la DO "Tarragona".

Taula 4.5. Percentatges de cada varietat de la DOQ Priorat l'any 2000

| VAR. NEGRES | % | VAR. BLANQUES | % |
|--------------------|-------|---------------|------|
| Garnatxa | 34,65 | Garnatxa | 2,97 |
| Garnatxa peluda | 0,88 | Macabeu | 3,75 |
| Carinyena | 36,59 | Pedro ximenes | 0,1 |
| Cabernet sauvignon | 10,32 | Altres | 2,41 |
| Syrah | 3,89 | | |
| Merlot | 1,85 | | |
| Altres | 2,20 | | |

FONT: Consell Regulador de la DOQ Priorat.

A la taula 4.5 es mostren els percentatges ocupats per cadascuna de les varietats de la DOQ Priorat. Les varietats autòctones cultivades tradicionalment són la **carinyena** i la **garnatxa negra**. A partir de l'any 2002 també prenen força les varietats **cabernet sauvignon**, **merlot** i **syrah**, que estan incloses dins les varietats autoritzades. Altres varietats també autoritzades pel

consell regulador són: la **garnatxa peluda** per vi negre i la **garnatxa blanca, macabeu i pedro ximénez** per als vins blancs.

4.1.4.2. Varietats cultivades

- **Carinyena.** És una varietat vigorosa, de port semi recte. Té una brotada primerenca, una floració mitjana, verolament tardà mitjà i maduració a principis d'octubre. És sensible a míldiu i oïdi, i manifesta fàcilment carències de potassi. Sensible a les gelades però aguanta bé la sequera i els cops de sol. Produeix raïms de mida mitjana, compactes i de forma cònica. Els grans tenen la pell gruixuda, són petits i rodons, i de color negre blavós. El vi que se n'obté té un grau alcohòlic mitjà alt. És un vi amb cos, astringent, d'acidesa alta i de molta coloració.

- **Garnatxa negra.** És una varietat molt vigorosa, de port dret i rígid. És una varietat amb una brotada mitjana, floració mitjana, verolament mitjà, i madura a finals de setembre o a començaments d'octubre. Sensible al míldiu, iesca i excoriosi, i presenta risc de contaminació per miceli de podridura gris. Fàcilment presenta símptomes de carència de magnesi. És una varietat molt sensible a les gelades de primavera i a la humitat i a la boira en l'època de florida. Produeix raïms alats molt compactes i de mides mitjana a petita. Els grans són rodons, mitjans i amb pell mitjanament gruixuda. Se n'obté un vi aromàtic i fi, amb poc color i un grau alcohòlic elevat. La garnatxa és la varietat que produeix un most més apte per a un enraciament posterior de qualitat. La garnatxa peluda es troba en les plantacions barrejada amb la garnatxa negra, i és diferència en què és una mica més productiva, menys aromàtica, i en que les fulles són peludes de la part de l'anvers.

- **Cabernet sauvignon.** És una varietat molt vigorosa i de port recte. Presenta una brotada, floració i verolament tardans, i l'època de maduració és mitjana tardana. S'adapta molt bé a climes molt diversos, és sensible als oïdis, iesca i eutipiosi. Manifesta amb facilitat símptomes per carències de potassi i magnesi. Els raïms que produeix són petits i tenen una qualitat molt homogènia, les baies són petites, de color negra i amb pell gruixuda i negra. El vi que se'n treu té un grau alcohòlic alt, una acidesa mitjana i un color fort.

- **Syrah i merlot.** Són varietats que necessiten unes condicions determinades del sòl, i uns ambients més frescos que les altres varietats. Són de maduració primerenca, i els vins que es produeixen tenen una graduació alcohòlica alta (més elevada en la merlot), acidesa mitjana i un potencial de color elevat.

Els rendiments de producció que trobem varien molt si parlem de vinyes velles, cultivades en pendents i amb un maneig totalment manual, o de plantacions actuals, amb un treball molt més mecanitzat, amb terrenys més planers, ja siguin aprofitant els fons de vall, o bé fent bancals en zones de pendent. En concret els rendiments són de 1.200 a 1.500 kg/ha en vinyes velles i

sense passar els 5.000 o 6.000 kg/ha en les vinyes joves en plena producció. El Consell Regulador autoritza produccions de 6.000 kg/ha quan les densitats de plantació no superen els 6.500 ceps/ha, i de 8.000 kg/ha si les densitats són superiors. (Nadal, 2002). A la taula 4.6 es mostren les produccions obtingudes per la DOQ Priorat els darrers anys.

Es cultiven bàsicament vins negres, amb petites produccions de vins blancs (al voltant del 10% del total de producció), així com petites quantitats de vins rosats. Les característiques de graduació alcohòlica d'aquests vins són: de 13,75° a 18° per als vins secs i semisecs, de 14° a 18° per als vins generosos semi dolços i dolços, i entre 14° i 20° per als vins rancis del Priorat (Ciurana, 1991).

D'altra banda, les graduacions alcohòliques mínimes de la DOQ són: 13% vol. per als vins blancs, 13,5% vol. per als vins negres i per als vins de licor, 14,5% vol. en les misteles, 15% vol. en els vins dolços i semi dolços, i 14,5% vol. pels vins rancis (Nadal, 2002).

Taula 4.6 Producció de raïm (kg.) i qualificació de les anyades de la DQO Priorat.

| CAMPANYA | PRODUCCIÓ VAR. BLANQUES | PRODUCCIÓ VAR. NEGRES | QUALIFICACIÓ |
|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 2002 | 191.976 | 2.635.106 | Excel·lent |
| 2003 | 216.353 | 3.000.462 | Molt Bona |
| 2004 | 219.548 | 4.142.443 | Excel·lent |
| 2005 | 175.346 | 3.639.832 | Excel·lent |
| 2006 | 198.208 | 4.169.479 | Molt Bona |
| 2007 | 181.102 | 4.489.285 | Molt Bona |
| 2008 | 198.531 | 4.579.805 | Molt Bona |
| 2009 | 234.789 | 4.733.703 | Excel·lent |

FONT: Consell Regulador de la Denominació d'Origen Qualificada.

4.1.4.3. Factors de la qualitat vitivinícola

Dels factors que afecten a la qualitat del vi podem distingir entre elements permanents i culturals (Hidalgo, 2002).

Els elements permanents fan referència als factors que es fixen una sola vegada al llarg de la vida del cep, i poden ser imposats (clima, sòl i medi biològic) o triats (varietat, porta injert i densitat i distribució de la plantació).

Els elements culturals són aquells en que nosaltres hi podem influir cada any de producció. Són factors com la poda, el reg, la fertilització, els tractaments fitosanitaris, o els paràmetres relacionats amb la verema.

4.1.4.3.1. Influència del clima

Dins dels factors permanents, el clima és el que determina d'una forma més important l'aptitud de la vinya.

Les temperatures mitjanes anuals pel desenvolupament del cep han de ser superiors als 10°C, essent valors òptims els compresos entre 11 i 18°C. Les temperatures màximes que resisteix la vinya són de 40 a 45°C, podent-se superar aquests valors per algunes varietats adaptades (Hidalgo, 2002). Temperatures superiors 30°C produeixen efectes negatius en el cultiu: inducció d'estres, envero prematur, abscisió dels pàmpols, activació enzimàtica i menor desenvolupament dels aromes (Mullins et al. 1992).

Les gelades de finals d'hivern i primavera afecten al desenvolupament vegetatiu del cep i a la maduració dels fruits, que necessita una il·luminació i temperatures adequadament elevades (Reyner, 1995).

En general podem dir que les temperatures elevades donen vins de grau més elevat i de baixa acidesa, per contra, temperatures més baixes donen vins amb poc grau alcohòlic i més àcids. Així mateix la temperatura condiciona altres paràmetres lligats a la maduració, com el paladar i l'aroma.

Elevades oscil·lacions diàries de les temperatures donen un aroma més intens i vins més afruitats, mentre que oscil·lacions petites entre el dia i la nit impliquen l'obtenció de vins amb més sucres i de baixa acidesa.

Pel que fa a les precipitacions es considera que es poden obtenir vins de qualitat amb precipitacions anuals d'entre 350 i 600 mm, i és important que aquesta es concentri a l'hivern i a la primavera, ja que les pluges d'estiu poden provocar problemes fitopatològics que van en detriment de la qualitat del vi.

La insolació ideal va de 1500 a 1600 hores de sol, de les quals 1200 hores han de correspondre al període de vegetació. Estudis portats a terme a la zona han posat de manifest que l'augment de temperatures observat durant les darreres dècades han portat el nombre de graus dia a valors al voltant dels 2000 graus dia (Ramos et al., 2008), el que podria tenir implicacions en l'òptim desenvolupament de les varietats actualment cultivades a la zona.

Altres factors climàtics influents en la qualitat del vi són la latitud, l'altitud, l'orientació, el pendent i els vents dominants, entre d'altres.

4.1.4.3.2. Influència del sòl

Els paràmetres físics del sòl que condicionen d'una manera més important la qualitat del vi són: la profunditat del sòl i la textura.

- La profunditat del sòl determina la capacitat d'exploració de les arrels, condicionant la fertilitat i el règim hídric. Sòls poc profunds no permeten un desenvolupament radical

del cep, i generalment afavoreixen la qualitat. Per contra amb sòls profunds s'obtenen majors produccions però de qualitat inferior (Reyner, 1995).

- La textura també condiciona el desenvolupament radicular, i per tant, l'aprovisionament d'aigua i de nutrients. Els sòls argilosos són difícils de penetrar per les arrels i difícils de treballar i donen elevades produccions. Els sòls arenosos impliquen facilitat de penetració de les arrels i de treballs, però donen menys producció. Els sòls ideals són de textura franca, ja que presenten qualitat intermèdies dels dos anteriors.

Cal destacar també que la presència d'elements grollers dóna vins de més qualitat (Hidalgo, 2002).

D'entre els paràmetres químics del sòl que condicionen la qualitat del vi destaquen el pH, la matèria orgànica i la riquesa en elements minerals. Segons Seguin (1981), les característiques químiques dels sòls no tenen una influència determinant en la qualitat del vi, ja que una bona relació d'elements del sòl no implica produccions bones. Les produccions elevades sovint estan relacionades amb desequilibris químics importants.

Les característiques climàtiques i dels sòls del Priorat es troben dins dels valors òptims del cultiu de la vinya. La composició química dels sòls és el que confereix unes característiques especials als vins del Priorat. Les produccions són però, relativament baixes, variant entre 1200-6000 kg de raïm ha⁻¹.

4.1.5 TRANSFORMACIONS DEL SÒL PER PLANTAR NOVES VINYES

4.1.5.1. Feines prèvies

El primer que cal fer al terreny és desbrossar. Aquesta feina consisteix en netejar el terreny d'arbres, arbustos i d'altres matolls que hi puguin haver. Primerament cal eliminar els arbres amb una serra i treure'ls de la parcel·la o bé cremar-los. Seguidament es pot entrar amb maquinària per acabar de netejar la zona. Aquesta feina s'acostuma a realitzar amb una bulldòzer. Els rendiments de la maquinària depenen molt de l'orografia del terreny i de l'espessor de la vegetació a eliminar, es considera un rendiment mig de 20 hores/ha.

4.1.5.2. Aterrassament i tractament de talussos

L'aterrossament consisteix en la realització de les terrasses a llarg de la vessant. El dimensionat de les terrasses depèn del pendent, així, es considera que amb pendents d'entre el 35 i 45%, com els que trobem en la finca on s'ha portat a terme l'estudi, s'obtenen de 1800 a 2200 metres lineals de terrassa. La maquinària necessària per realitzar aquesta operació és d'una bulldòzer pel transport lateral de terra, una retro-giratòria per donar la inclinació a les terrasses i una segona retro-giratòria per donar l'amplada a les terrasses. El rendiment d'aquesta feina sol ser de 90 hores/ha.



Imatge 4.1. Tractament dels talussos amb maquinària pesant.

Pel que fa al tractament dels talussos (Imatge 4.1), s'intenta evitar les possibles erosions i naixença de males herbes en els talussos. El pendent dels talussos és en tots els casos de 42° , de manera que entre els diferents talussos únicament varia l'alçada. El tractament consisteix en fer una hidrosembra amb components estabilitzants i llavors, aconseguint l'estabilització del talús i una disminució de l'impacte visual. El rendiment és d'unes 9 hores/ha.

4.1.5.3. Plantació

Abans de la plantació cal fer una preparació prèvia del terreny. Aquesta feina consisteix en aconseguir un bon estat del sòl per poder rebre el conreu. La maquinària necessària per la plantació és un cultivador i un tractor en el qual s'hi acobla un riper una trituradora de pedres, aconseguint fer més esponjós el sòl i augmentar-ne el drenatge. El rendiment aproximat és de 30 hores/ha.

Els paràmetres més importants de la plantació, són decidir el percentatge de cada varietat i el marc de plantació. Podem considerar uns valors mitjos de marc de plantació de 0,6 metres entre ceps i de 1,5 metres d'amplada entre les fileres. La feina de plantar la sol realitzar un equip de 4 persones, amb un rendiment de 35 hores/ha. Les varietats plantades a la finca són: syrah, monastrell i garnatxa.



Imatge 4.2. Vista de les transformacions realitzades al costat de zones no transformades.

La instal·lació del reg i l'emparrat es realitzen juntament amb la plantació. El reg té per objectiu mantenir un nivell d'humitat adequat al sòl, permetent un desenvolupament correcte del cep. Una humitat excessiva implica un augment de la producció i un descens de la qualitat del vi, mentre que una humitat massa baixa provocaria una davallada de producció. Amb el sistema de reg s'aporten nutrients (fertirrigació), productes d'arrelament i afavoridors del creixement dels ceps, així com productes herbicides.

La instal·lació del reg en la finca consta de tubs principals, derivacions, tubs secundaris i goters per a cada planta. S'han hagut de construir grans basses d'emmagatzematge de l'aigua per garantir el reg adequat durant tot l'any.

Per l'emparrat dels ceps s'utilitzen pals de fusta tractats contra humitat i insectes, i fils de ferro galvanitzat entre pals. Els fils s'han col·locat a 30 cm del terra (el que suporta el reg), a 50 cm el fil de formació, a 1 m el fil mòbil, i a 1,8 m el fil fix.

4.1.5.4. Manteniment

Els treballs a realitzar en la finca després de la plantació són:

- Ensulfatar: es realitza amb pistola després de la poda i de la formació del cep.
- Adobament: només es realitza una aplicació d'adob en els ceps poc desenvolupats.

Consisteix en l'aportació de matèria orgànica i fòsfor pel afavorir el correcte desenvolupament de les arrels.

- Poda d'hivern: es realitza els mesos de gener i febrer.
- Poda en verd: es realitza els mesos d'abril, maig i juny.

- Aclarida del raïm: es realitza en els mesos de juliol i agost, just en el moment de verolat, que es quan millor s'observen les diferències entre els raïms més avançats i els retardats.

-Altres feines de manteniment: es realitzen operacions complementaries per mantenir el correcte estat de la plantació. Aquestes feines són: llaurar, eliminar males herbes, sembrar talussos, i revisar el sistema de reg i els suports del cultiu.

4.2. DADES DE LA FINCA

4.2.1. DISTRIBUCIÓ DE LES VARIETATS CULTIVADES

Les varietats plantades a la finca han estat triades per la seva producció i per la seva adaptació al clima de la zona, així, cada varietat ocupa un espai concret. Les varietats que s'han plantat són:

- Syrah, que es troba a la part superior de la finca ocupant el 36% de la superfície.
- Monastrell, que es troba a la part oest de la finca i que ocupa el 9% de la superfície.
- Garnatxa, que ocupa el 55% de la superfície restant.

A la taula 4.7 podem observar la que el número de ceps plantats els anys 2002 i 2003 és d'uns 40.000., l'entrada en producció i la producció màxima obtinguda a partir del 4t any, que és d'uns 135.000 kg de raïm.

Taula 4.7. Dades de plantació de les varietats i produccions esperades.

| VARIETAT | Nº CEPS | PLANTACIÓ | ENTRADA EN PRODUCCIÓ | PRODUCCIÓ MÀXIMA (kg) |
|-----------------------|---------|-----------|----------------------|-----------------------|
| Syrah | 11.730 | 2002 | 2004 | 10.557 |
| Monastrell | 2.880 | 2002 | 2004 | 2.592 |
| Garnatxa negra | 10.649 | 2002 | 2004 | 9.584 |
| Carinyena | 10.000 | 2003 | 2005 | 12.000 |
| Cabernet Sau. | 5.000 | 2003 | 2005 | 6.000 |

4.2.2. PRODUCTES FITOSANITARIS UTILITZATS

Els productes fitosanitaris que s'apliquen a la finca estan destinats bàsicament a: bon establiment del cultiu, (augmentant el desenvolupament del sistema radicular), augment de l'activitat dels ceps, millora de les característiques físico-químiques del sòl i afavorir la vida

microbiana, aportació de macro nutrients i micro nutrients al cultiu, evitar pèrdues per fongs, aranyes, trips i altres insectes.

Taula 4.8. Dades dels productes fitosanitaris utilitzats, activitat i composició.

| Producte | Activitat | Composició bàsica |
|-----------------|---|---|
| ENRAISUR | Desenvolupament sistema radicular | bor 0.2%, ferro 4.5%, manganès 1%, molibdè 0.05%, zenc 0.1% |
| SIAPTON | Nutrient biològic | aminoàcids 7.9%, matèria orgànica 57.1%, N orgànic 8.7% |
| SINERGIPRON C25 | Millora sòl i vida microbiana | extracte húmich 25%, àcids húmichs 21.13%, àcids fúlvichs 3.87% |
| AZUPEC Coure | Control oïdi i prevenció mildiu | sofre 60%, coure 2-4% |
| AZUPEC Flow | Control oïdi, oïdiopsis, eriofids i tetraníquids | sofre 72% |
| AZUPEC Micro | Control oïdi, oïdiopsis, eriofids i tetraníquids | sofre 80% |
| TIONFOS 50LE | Control trips, escarabats, pugons, mosca, orugues, etc. | Fenitrotion 50% |
| ROUNDUP Plus | Control en post-emergència | Glifosat 36% |
| OTRIA Plus | Fungicida sistèmic | Mancozeb 64%, Metalaxil 8% |
| CARIBUR 25 | Fungicida per oïdis, rovells i rincosporosis | Triadimenol 25% |
| DINOVEEX LE | Fungicida per oïdis | Donocap 35% |

4.3. PARCEL·LES EXPERIMENTALS

D'acord amb les necessitats de trobar zones de vinya no transformades al costat de zones transformades, es va triar com a zona d'estudi la conca de les Escomelles (Imatge 4.3 i 4.4), al terme municipal de Porrera, a la comarca del Priorat.



Imatge 4.3. Vista dels ambient T i NT confluents a la conca de les Escomelles.

També es va escollir aquesta conca ja que disposa de zones no transformades també ocupades per bosc, i pel fet que permet realitzar la presa de mostres seguint un transsecte altitudinal.



Imatge 4.4. Ortofoto de l'àrea d'estudi de les Escomelles.

Com es pot veure en la Taula 4.9, es van escollir un total de 17 punts seguint el gradient altitudinal de la conca: 9 punts en la zona de vinya transformada, 2 punts en zones no alterades ocupades per bosc i 6 punts en zones de vinya no transformada.

Per a cadascun d'aquests punts es van mesurar els paràmetres de camp, i es van agafar mostres de sòl dels primers 20 cm per determinar-ne els paràmetres al laboratori.

Taula 4.9. Coordenades UTM dels punts mostrejats segons el tipus d'us del sòl i de la transformació.

| PUNTS MOSTREJATS | | Coordenades UTM (m) | | |
|-----------------------|-------|---------------------|-----------|-----|
| | | X | Y | Z |
| VINYA TRANSFORMADA | PM 1 | 318.628 | 4.563.403 | 463 |
| | PM 1B | 318.651 | 4.563.384 | 447 |
| | PM 2 | 318.678 | 4.563.384 | 439 |
| | PM 3 | 318.709 | 4.563.258 | 417 |
| | PM 4 | 318.773 | 4.563.343 | 385 |
| | PM 5 | 318.846 | 4.563.349 | 368 |
| | PM 6 | 318.999 | 4.563.143 | 313 |
| | PM 7 | 318.933 | 4.563.254 | 338 |
| | PM 8 | 318.984 | 4.563.086 | 289 |
| VINYA NO TRANSFORMADA | PM 9 | 318.982 | 4.563.098 | 301 |
| | PM 10 | 318.860 | 4.563.169 | 358 |
| | A1 | 323.027 | 4.563.517 | 441 |
| | A2 | 322.994 | 4.563.547 | 461 |
| | A3 | 322.981 | 4.563.564 | 484 |
| | A4 | 323.129 | 4.563.435 | 407 |
| BOSC | PM 11 | 318.855 | 4.563.220 | 360 |
| | PM 12 | 318.796 | 4.563.197 | 385 |

4.4. PARÀMETRES FÍSICS ANALITZATS

4.4.1. ESTABILITAT DELS AGREGATS

4.4.1.1. Importància de l'estabilitat dels agregats

Els agregats es poden definir com una agregació, a causa d'agents físics, químics i biològics, de partícules primàries de diferents mides, per formar partícules més grans (Marshall i al. 1996). D'entre els agents que intervenen en l'agregació de les partícules primàries Narro (1994) destaca: la presència de col·loides orgànics i inorgànics, els cations intercanviables, els cimentants inorgànics, i els macro organismes i microorganismes del sòl.

L'ordenació que adopten les partícules i els espais buits que hi ha entre aquestes conformen l'estructura dels agregats. Segons Porta i al. (1993), l'estructura dels agregats influeix en algunes propietats del sòl, com l'aireació, el moviment horitzontal i vertical de l'aigua en el sòl, l'erosionabilitat, l'intercanvi catiònic i la facilitat a la penetració de les arrels.

L'estabilitat dels agregats es defineix, segons Jury i al.(1991), com la resistència d'aquests a ser disgregats per l'aigua i altres agents mecànics, i està relacionada amb moltes propietats i característiques dels sòls: presència de vegetació (Silva i Kato, 1997), el contingut de matèria orgànica (Lavee i al., 1998), la textura (Gil i al. 1998), el contingut de ferro i alumini en forma oxidada (Heil i al., 1997), les pràctiques agrícoles (Beare i al., 1994) o el contingut d'aigua en el sòl (Tanaka i al., 1997).

L'estabilitat dels agregats s'ha analitzat amb quatre mètodes diferents de disgregació: el mètode Standard, el d'humectació ràpida, el d'humectació lenta i el d'humectació amb agitació després de prehumectació.

4.4.1.2. Mètode Standard

Aquest mètode fou descrit per Kemper i Rosenau (1986). Per fer l'anàlisi es pesa aproximadament 4 g de sòl d'entre 1 i 2 mm i es col·loca en un tamís de llum 0,25 mm. A continuació s'humecta fins a saturació en una cambra de vapor i es transfereix a l'aparell modificat de Yoder, en el qual els tamisos pugen i baixen una distància de 1,3 cm a 36 cicles per minut durant 3 minuts en un recipient amb 250 ml d'aigua destil·lada. Seguidament es transfereix el material que resta al tamís a un vas de precipitats i s'asseca a l'estufa a 105°C. El pes que obtenim un cop sec representa la massa d'agregats estables (SA). Un cop pesat el material es dispersa en un bany ultrasònic en 60 ml d'aigua destil·lada durant 10 minuts; aquesta operació es repeteix 3 vegades. El material que queda es tamisa a 0,25 mm en humit durant 5 minuts, s'asseca a l'estufa a 105°C i es pesa, donant el pes de sorra (SM).

El percentatge d'agregats estables a l'aigua (WSA) s'obté amb la fórmula:

$$\%WSA = \left[\frac{SA - SM}{MSO - SM} \right] * 100$$

On:

$\%WSA$ = Percentatge d'agregats estables a l'aigua

SA = Massa d'agregats estables

SM = Massa de sorra

MSO = Massa de sòl inicial.

4.4.1.3. Mètode d'humectació ràpida

Per fer l'anàlisi es pesa aproximadament 4 g de sòl d'entre 1 i 2 mm i es col·loca en un tamís de llum 0,25 mm. L'humectació es realitza submergint els tamisos en un recipient amb 100 ml d'aigua destil·lada durant 10 minuts. A continuació es posen els tamisos en l'aparell de Yoder, en el qual els tamisos pugen i baixen una distància de 1,3 cm 10 vegades, disgregant els agregats del sòl amb etanol al 95%.

La fracció que queda en el tamís de 0,25 mm, s'asseca a l'estufa a 105°C, i es col·loca en una columna de tamisos, obtenint fraccions de 2, 1, 0,5 i 0,25 mm. Llavors, a partir del pes de cada fracció i del diàmetre mitjà es calcula el diàmetre mitjà pesat (MDW), que correspon a la suma dels productes dels diàmetres mitjos de cada fracció per la proporció total en la mostra, incloent-hi les fraccions més fines de 0,25 mm. El valor obtingut de MWD ens serveix com a mesura de l'estabilitat dels agregats.

4.4.1.4. Mètode d'humectació lenta

Per fer l'anàlisi es pesa aproximadament 4 g de sòl d'entre 1 i 2 mm i es col·loca en un tamís de llum 0,25 mm. La humectació es realitza en una cambra de vapor en que les mostres arriben a saturació. Seguidament es col·loquen els tamisos en l'aparell de Yoder, en el qual els tamisos pugen i baixen una distància de 1,3 cm 10 vegades, disgregant els agregats del sòl amb etanol al 95%.

La fracció que queda en el tamís de 0,25 mm, s'asseca a l'estufa a 105°C, i es col·loca en una columna de tamisos, obtenint fraccions de 2, 1, 0,5 i 0,25 mm. Llavors, a partir del pes de cada fracció i del diàmetre mitjà es calcula el diàmetre mitjà pesat (MDW), que correspon a la suma dels productes dels diàmetres mitjos de cada fracció per la proporció total en la mostra, incloent-hi les fraccions més fines de 0,25 mm. El valor obtingut de MWD ens serveix com a mesura de l'estabilitat dels agregats.

4.4.1.5. Mètode d'humectació amb agitació després de prehumectació

Per fer l'anàlisi es pesa aproximadament 4 g de sòl d'entre 1 i 2 mm i es submergeixen durant 10 minuts en 50 ml d'etanol al 95%, s'elimina amb una pipeta l'etanol i es traspasa el sòl a un Erlenmeyer que conté 50 ml d'aigua destil·lada i s'enrasa a 200 ml; es tapa l'Erlenmeyer i s'agita 20 vegades.

A continuació es deixa reposar durant 20 minuts per sedimentar les partícules més grosses. Seguidament s'elimina l'excés d'aigua, i la mescla sòl-aigua restant es col·loca en un tamís de llum 0,25 mm.

Després es col·loquen els tamisos en l'aparell de Yoder, en el qual els tamisos pugen i baixen una distància de 1,3 cm 10 vegades, disgregant els agregats del sòl amb etanol al 95%.

La fracció que queda en el tamís de 0,25 mm, s'asseca a l'estufa a 105°C, i es col·loca en una columna de tamisos, obtenint fraccions de 2, 1, 0.5 i 0,25 mm. Llavors, a partir del pes de cada fracció i del diàmetre mitjà es calcula el diàmetre mitjà pesat (MDW), que correspon a la suma dels productes dels diàmetres mitjos de cada fracció per la proporció total en la mostra, incloent 'hi les fraccions més fines de 0,25 mm. El valor obtingut de MWD ens serveix com a mesura de l'estabilitat dels agregats.

4.4.2. ANÀLISI GRANULOMÈTRIC I CLASSE TEXTURAL

Per determinar els percentatges d'elements superiors a 2 mm, entre 2 i 8 mm i de més de 8 mm, s'ha utilitzat el mètode dels tamisos. Pel càlcul dels percentatges d'aquestes fraccions s'han tingut en compte també les partícules inferiors a 2 mm.

Per determinar els percentatges d'elements fins i la classe textural del sòl s'ha utilitzat el mètode de la granulometria per sedimentació (Porta, 1986), classificant les partícules segons la metodologia USDA. Les fraccions d'argila i llim fi es determinen amb pipeta, mentre que les diferents fraccions de sorra es determinen mitjançant tamisos, i el llim gros per diferència.

Per fer l'anàlisi es pesen 10 g de mostra de sòl i s'hi afegeixen 300 ml d'aigua desionitzada i 20 ml de peròxid d'hidrogen per tal d'eliminar la matèria orgànica. Un cop eliminada la matèria orgànica es transvasa el contingut a un pot de 500 ml afegint-hi 10 ml d'hexametafosfat i aigua per arribar als 500 ml.

A continuació s'agita durant 2 h i es transvasa a les provetes de sedimentació i s'enrasa a 1000 ml. Un cop a les provetes es poden fer les pipetejades per trobar les fraccions d'argila i llim fi, segons el temps i profunditat de pipeteig. Les diferents fraccions de sorra es determinen abocant el contingut en diferents tamisos i el llim gros es determina fent les diferències amb les altres fraccions.

La classe textural es determina traslladant els percentatges de sorres, llims i argiles al triangle de textures USDA.

Taula 4.10. Fraccions granulomètriques segons USDA.

| Nom | Mida | Nom | Mida |
|-----------------|--------------------------|--------------|-----------------------|
| Element groller | > 8 mm | Llim groller | 25 a 50 μm |
| Element groller | 2 a 8 mm | Llim fi | 2 a 25 μm |
| Sorra grollera | 500 a 2000 μm | Argila | < 2 μm |
| Sorra fina | 50 a 500 μm | | |

4.4.3. CAPACITAT DE RETENCIÓ D'AIGUA DISPONIBLE (CRAD)

La Capacitat de Retenció d'Aigua Disponible indica la quantitat d'aigua que pot retenir un sòl en estat de capacitat de camp i en estat de punt de marciment permanent.

Pel càlcul de la CRAD del sòl al laboratori s'utilitza el mètode de les plaques a pressió Richard. Es treballa amb mostres de sòl tamisades a 2 mm, que es col·loquen sobre les plaques de porcellana Richard. Aquestes mostres es porten a saturació per capil·laritat durant 48 h. Seguidament s'introdueixen les plaques a l'equip de pressió Richard (Imatge 4.5), i es sotmeten les mostres de sòl a pressions de -33 kPa (estimació de la capacitat de camp) i a -1500 kPa (estimació del punt de marciment permanent). Les mostres es deixen sota les diferents condicions de pressió fins que arriben a les condicions d'equilibri, aproximadament passades 48h. A continuació se'n determina el percentatge d'humitat amb el mètode gravimètric.

**Imatge 4.5.** Equip de pressió de plaques Richard al laboratori.

El valor de la capacitat de retenció d'aigua disponible s'obté amb diferència d'humitats de les mostres a -33 i a -1500 kPa i amb el valor de la densitat aparent (Klute, 1986).

4.4.4. PERCENTATGE D'HUMITAT I DENSITAT APARENT

Per mesurar la humitat del sòl i la densitat aparent es van utilitzar dos mètodes: el mètode del cilindre i el del forat.

El mètode del cilindre consisteix en clavar un cilindre metàl·lic de 5 cm de diàmetre i 5 cm de costat al sòl, seguidament s'extreu quedant retingut el sòl en el seu interior. A continuació es col·loca en una bossa per mantenir-ne la humitat. Una vegada al laboratori es pesa (obtinguen el pes humit - PH) i es col·loca a l'estufa a 105°C fins que perd tota la humitat (unes 24h) i es pesa (obtinguen el pes sec - PS).

Seguint la metodologia proposada per Pla (1986), i Porta (1994), el valor del percentatge d'humitat s'obté amb el següent càlcul :

$$\%H = ((PH - PS) / PS) \times 100$$

La determinació del percentatge d'humitat relativa del sòl amb el mètode del forat consisteix en fer un forat a terra d'uns 15x15x15 cm, recollir el sòl extret i obtenir-ne el pes humit i sec (com en el mètode anterior per obtenir el pes sec cal escalfar la mostra durant 24h a 105°C). Per determinar el valor del percentatge d'humitat del sòl s'utilitza la mateixa fórmula que en el mètode anterior.



Imatge 4.6. Preparació a camp per obtenir el valor de densitat aparent amb el mètode del forat.

La densitat aparent del sòl relaciona el pes d'una mostra de sòl amb el volum que ocupa. En el mètode del cilindre el valor de la densitat aparent s'obté dividint el pes sec del sòl que hi ha dins del cilindre expressat en kg, amb el volum del cilindre en m³.

En el mètode del forat, el volum del forat s'obté col·locant un plàstic en el forat i abocar-hi aigua. Coneixen el pes sec, en kg, de la mostra de sòl del forat i dividint el valor pel volum d'aigua abocat, s'obté el valor de la densitat aparent. El mètode del forat es va utilitzar degut a la gran quantitat d'elements grollers en el sòl, que en alguns casos impossibilitaven una presa de mostra correcta amb el mètode de l'anell.

4.4.5 CONDUCTIVITAT HIDRÀULICA SATURADA

4.4.5.1. Entrada d'aigua al sòl: infiltració, conductivitat hidràulica i sortivitat

Quan una font d'aigua entra en contacte amb el sòl, el moviment d'aquesta aigua en el sòl està dominada inicialment per les seves propietats capil·lars. En etapes posteriors aquest flux d'entrada d'aigua al sòl depèn de factors hidràulics, gravitacionals i de capil·laritat.

En medis saturats el moviment de l'aigua al sòl depèn de la conductivitat hidràulica i la sortivitat.

La conductivitat hidràulica, expressada com a "K", representa la capacitat del sòl de conduir aigua a través dels seus porus. La resistència del sòl al flux líquid és deguda a les forces moleculars entre l'aigua i el sòl, i a la tortuositat i continuïtat dels porus (Porta i al., 2003).

És un paràmetre amb gran variabilitat espacial (Salgado, 2000). Les principals causes d'aquesta variabilitat són, els bloquejos dels porus per presència d'aire, destrucció dels agregats o les deposicions de materials fins, esquerdes o coves per presència d'animals i arrels, o la interacció de l'aigua amb superfícies amb diferent superfície específica.

Warrick i Nielsen (1980) també constaten que la conductivitat hidràulica pot presentar gran variabilitat en els diferents horitzons en profunditat.

Alguns canvis estructurals deguts a processos naturals o a transformacions artificials poden provocar una gran variació en la conductivitat hidràulica, aquest fet comporta que sigui un paràmetre molt usat en activitats agrícoles per controlar els drenatges i calcular dosis de reg.

La sortivitat (S) expressa la habilitat del sòl d'absorbir aigua en els primers instants, quan aquesta absorció depèn únicament del gradient de potencial. En general, valors elevats de S indiquen major volum d'aigua que pot ser absorbida i d'una manera més ràpida.

La sortivitat es calcula gràficament com el pendent de la gràfica de l'aigua infiltrada (eix Y) en funció de l'arrel quadrada del temps (eix X). Les unitat de la sortivitat són cm/temps^½.

La infiltració és el procés d'entrada d'aigua al sòl a través de la superfície. Philip (1957) relaciona l'entrada d'aigua al sòl amb el temps amb les següents equacions:

$$I_{(t)} = S_1 t^{1/2} + S_2 t + S_3 t^{3/2} + \dots + S_n t^{n/2} + K_0$$

$$I_{(t)} = S_1 t^{1/2} + K t \quad (2)$$

On:

$I_{(t)}$ és la infiltració

S és la sortivitat, que explica l'entrada d'aigua al sòl degut a les diferències de potencial màtric

K és la conductivitat hidràulica

La primera equació indica que en estadis inicials la sortivitat és el principal paràmetre que influeix en la quantitat d'aigua infiltrada, mentre que quan aquests prenen valors constats, el valor de la infiltració s'assimila al de la conductivitat hidràulica saturada.

4.4.5.2. Descripció i funcionament del permeàmetre de disc

Els permeàmetres o infiltròmetres de disc poden funcionar en condicions de saturació hídrica i d'insaturació. Per efectuar una o altra mesura només cal canviar un dels dos tubs cilíndrics de que es compona. En el nostre cas, però, només hem utilitzat el permeàmetre de disc en condicions de saturació hídrica.

Per realitzar les proves d'infiltració hem utilitzat el permeàmetre dissenyat per l'empresa CSIRO d'Austràlia (1988). Com podem veure en la figura 4.6, aquest permeàmetre està format per un disc de plàstic transparent de 20,5cm de diàmetre en el qual, la part inferior està coberta per una membrana de nylon amb una mida de porus de 20µm.

Aquest disc també disposa de tres cargols que permeten regular-ne l'alçada sobre el sòl. Sobre aquest disc s'hi insereixen dos cilindres també de plàstic transparent. Un d'aquests dos cilindres és el reservori d'aigua o dipòsit d'alimentació, que disposa d'una escala graduada gravada a l'exterior, que ens permet calcular els volums d'aigua infiltrats en cada moment. L'altre dipòsit és el que permet l'entrada d'aire a l'aparell. Ambdós cilindres disposen en la part superior d'una vàlvula per obrir o tancar el pas d'aire.

L'aparell el completa un anell metàl·lic de 7cm d'alçada i 22cm de diàmetre on es recolza el disc de plàstic.

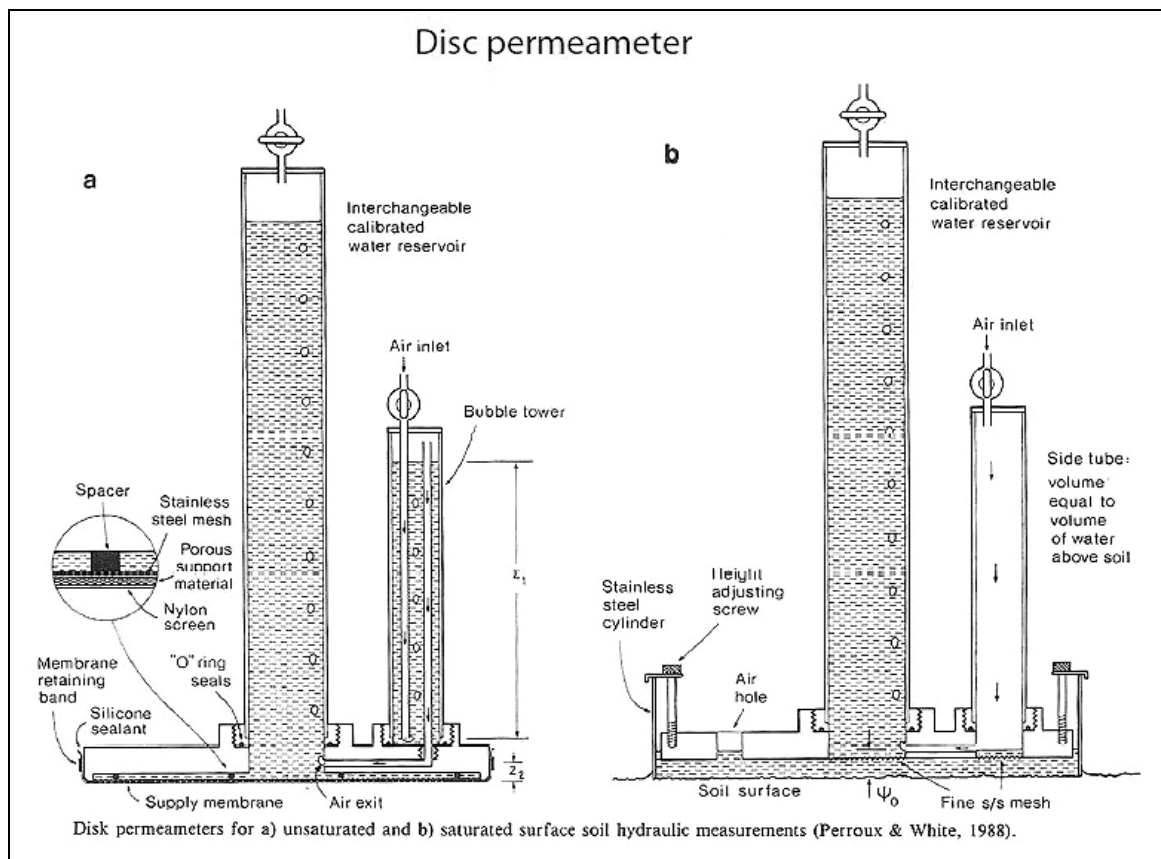


Figura 4.6. Permeàmetre de disc de CSIRO.

4.4.5.3 Preparació del permeàmetre de disc per efectuar mesures

Per tal de poder efectuar les mesures a camp cal muntar i col·locar i preparar l'aparell. Primerament s'ha de clavar l'anell metàl·lic al sòl uns 3 cm, mirant de no alterar gaire la superfície del sòl. Per assegurar què no s'escapi aigua superficialment a l'hora de realitzar l'experiment es col·loca una fina capa de sorra que envolti l'anell per la part exterior per assegurar que hagi un bon contacte i que no hi ha fuites d'aigua superficials. Amb aquesta operació també s'aconsegueix que un cop començat l'experiment no entri aire per sota l'anell, que afectaria als resultats (Imatge 4.7).

Seguidament s'ha de muntar l'aparell enroscant els dos cilindres a la base del plat, i s'ha d'omplir el cilindre reservori d'aigua. Per poder omplir aquest cilindre, s'introdueix l'aparell en un recipient amb aigua i, s'obre la clau de pas de l'aire i amb l'ajuda d'una bomba de pressió i es succiona l'aigua fins a omplir el cilindre. Seguidament es tanca la clau de pas de l'aire, i s'extreu la bomba de pressió. A continuació s'emplaça l'aparell sobre l'anell clavat a terra i s'obren les claus de pas de l'aire dels dos cilindres per començar a agafar les mesures de volum d'aigua infiltrada, amb l'ajuda de l'escala graduada del cilindre. Aquesta operació cal repetir-la fins que els valors d'aigua infiltrada siguin constants.

En el present treball es van prendre les mesures d'infiltració cada 30 segons. El temps necessari per que s'estabilitzés el valor de la infiltració va ser de 30 a 50 minuts depenent del punt mostrejat.



Imatge 4.7. Preparació del permeàmetre de disc per efectuar les mesures de conductivitat.

4.4.5.4. Limitacions del permeàmetre de disc per obtenir les mesures de conductivitat hidràulica

Si bé cal destacar que els permeàmetres han sigut àmpliament utilitzats per determinar moltes de les propietats hidràuliques del sòl, aquests presenten algunes limitacions i problemes de maneig:

- La limitació més usual és que per les determinacions amb el permeàmetre suposem que el sòl és uniforme i homogeni. Fenòmens com l'encrostament superficial, presència d'elements grollers superficials i altres canvis estructurals, no es tenen en consideració en efectuar les mesures amb el permeàmetre de disc.

- Per determinats sòls, el temps necessari per trobar valors estables d'infiltració pot ser molt llarg, de manera que les quantitats d'aigua a utilitzar podran ser elevades.
- Cal assegurar un bon contacte entre la superfície del sòl i el disc porós. Per minimitzar aquesta limitació és necessari posar una capa fina de sorra entre el disc i la superfície del sòl (Joel y Messing, 2000).
- També cal destacar que en terrenys amb presència d'elements grollers i fragments de pedra en el sòl, no es possible clavar el disc, de manera que cal retirar aquests elements mirant d'alterar el menys possible la superfície del sòl.
- En sòls desestructurats i en just en el moment posterior a ser treballats, el mateix pes de l'aparell pot provocar el col·lapse de l'estructura, trencant la continuïtat dels porus.
- En casos de vent l'aparell es mou, provocant que no hi hagi un bon contacte amb el sòl, dificultant la presa de mostres. I en casos de fort vent l'aparell pot arribar a caure (Acuña, 2003).

4.4.5.5. Obtenció del valor de la conductivitat hidràulica saturada i la sortivitat

Es podria definir la conductivitat hidràulica com l'habilitat que té un sòl per conduir l'aigua sota un gradient de potencial hidràulic.

Existeixen diferents mètodes per determinar el valor de la conductivitat hidràulica a partir dels valors obtinguts amb el permeàmetre de disc. Aquests mètodes han sigut descrits per autors com White y Sully (1987), Ankeny i al. (1990), Reynolds i Elrick (1991), White i al. (1992), Angulo-Jaramillo (2000)

Dels diferents mètodes per determinar el valor de la conductivitat hidràulica mitjançant els permeàmetres de disc, s'ha escollit el mètode de White i Sully (1987). Aquest mètode assumeix que en els primers moments en què l'aigua s'infiltra al sòl, el valor de la sortivitat es pot calcular desestimant l'efecte de la gravetat i de la difusió lateral, de manera que la infiltració acumulada en aquests primers instants és similar a l'equació de Philip (1957) de la infiltració horitzontal unidimensional.

Segons l'equació de Wooding (1968) el flux estacionari usant un permeàmetre de disc, es pot calcular com:

$$q_{\infty} = K_0 + (4\phi_0 / \pi r)$$

On:

q_{∞} és la infiltració bàsica (m s^{-1})

K_0 és la conductivitat hidràulica ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

r és el radi del disc (cm)

φ_0 és el potencial de flux màtric (Raats i Gardner, 1971)

Usant l'equació de White i Sully (1987) la sortivitat (S_0) és pot calcular com:

$$S_0 = \varphi_0 (\theta_0 - \theta_n) b^{-1}$$

On:

φ_0 és el potencial de flux màtric

θ_0 i θ_n són el contingut volumètric d'humitat inicial i final respectivament

b és un paràmetre que depèn de la difusivitat sòl-aigua, i pot anar des de $\frac{1}{2}$ fins a $\frac{\pi}{4}$ (Scotter i al., 1952), però que per defecte pren el valor de 0,55 (White i Sully, 1987).

Combinant aquestes dues equacions White i Sully (1987) calculen la conductivitat hidràulica (K_0) com:

$$K_0 = Q / \pi r_0^2 - 4bS_0^2 / \pi \Delta\theta_w$$

En la que:

$Q / \pi r_0^2$ coeficient que correspon a la taxa de flux per unitat d'àrea (mm h^{-1})

r_0 radi del disc (cm)

S_0 és la sortivitat, que és calcula gràficament com el pendent de la corba d'infiltració acumulada en funció de l'arrel quadrada del temps.

$\Delta\theta_w$ es la diferencia entre la humitat inicial i final (cm^3/cm^3)

Així doncs, amb aquesta equació trobem el valor de la K_0 en mm/h tenint en compte l'efecte d'un component gravitacional del flux (primer quocient) i d'un component de gradient de pressió (segon quocient).

4.5. PARÀMETRES QUÍMICS ANALITZATS

4.5.1. REACTIVITAT DEL SÒL

Els materials necessaris per la mesura del pH del sòl són: 10 grams de sòl, 25 ml d'aigua, un agitador, un pH-metre, elèctrodes de vidre i solucions tampó ja preparades de pH 7,00 i 4,00 (Porta et al., 1985).

Per l'anàlisi del pH, es pesen 10 grams de sòl en un pot i s'hi afegeixen 25 ml d'aigua destil·lada; a continuació es tapa i es posa a l'agitador durant 30 minuts i es deixa reposar uns 30 minuts per tal d'estabilitzar el valor. Després es calibra el pH-metre amb les dues solucions tampó i es poden fer les mesures que ja ens dona directament l'aparell, tinent cura de netejar els elèctrodes amb aigua destil·lada entre cada mesura.

4.5.2. CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA

La mesura de la conductivitat elèctrica es realitza amb el mètode de l'extracte de sòl diluït (Porta i al., 1985).

Per l'anàlisi de la conductivitat elèctrica es pesen 10 grams de sòl i s'hi afegeixen 50 ml d'aigua destil·lada. A continuació es posen a l'agitador durant 30 minuts i es deixa reposar 30 minuts més per estabilitzar la mostra. A continuació es filtra la mostra amb paper de filtre i s'hi afegeixen unes gotes d'hexametafosfat sòdic a l'1%. Seguidament es pot passar a mesurar la conductivitat elèctrica de les mostres un cop calibrat l'aparell. El conductímetre ens pot donar la lectura en diferents unitats depenent de la concentració de sals i de la precisió desitjada, en els nostre cas l'aparell ens dona les mesures en dS/m.

4.5.3. MATÈRIA ORGÀNICA

La matèria orgànica es determina amb el mètode de l'oxidació dels carboni orgànic per via humida (Porta et al., 1985). Per fer l'anàlisi es prenen aproximadament 10 grams de sòl i es polvoritzen. D'aquests 10 grams es pren una quantitat que pot oscil·lar entre 0,3 i 1 g depenent de la foscor de la mostra. Es posa la quantitat de sòl en un Erlenmeyer i s'hi afegeixen 10 ml de dicromat potàssic 1N. A continuació, i sense parar d'agitar l'Erlenmeyer s'afegeixen 20 ml d'àcid sulfúric concentrat i es deixa reaccionar durant 30 minuts exactament. Passat aquest temps, s'afegeixen 100 ml d'aigua destil·lada i es deixa refredar. Un cop fred s'afegeixen 10 ml d'àcid fosfòric concentrat i 7 o 8 gotes d'indicador Ortofenantrolina. A continuació es fa una valoració amb una solució ferrosa i es mira el volum gastat en el moment que la solució de la mostra vira de verd a un color rosat. Juntament amb les mostres també es fa un blanc.

Pel càlcul del percentatge de carboni orgànic de la mostra s'utilitza la fórmula:

$$\%C.O. = (V_{blanc} - V_{mostra}) * N_{fe} * \frac{3 * f}{1000 * P_{sòl}}$$

On:

$\%C.O.$ = Percentatge de carboni orgànic

V_{blanc} = Volum de sal ferrosa gastat en la prova en blanc (ml)

V_{mostra} = Volum de sal ferrosa gastat en la mostra (ml)

N_{fe} = Normalitat de la sal ferrosa (meq/ml)

$P_{sòl}$ = Pes de la mostra (gr.)

f = factor de recuperació ($f=1.29$)

Finalment, per passar del carboni orgànic al percentatge de matèria orgànica es multiplica pel factor de Van Bemmelen, seguint la fórmula:

$$\%MO = \%C.O. * 1.72$$

On:

$\%MO$ = Percentatge de matèria orgànica

$\%C.O.$ = Percentatge de carboni orgànic

4.6. ANÀLISI ESTADÍSTIC

4.6.1. METODOLOGIA D'ANÀLISI

Pel tractament de les dades s'han utilitzat els fulls de càlcul Excel i programa Statgraphics.

D'entrada s'han calculat amb els fulls de càlcul Excel les mitjanes geomètriques (X) i desviacions estàndard (S) de cada paràmetre mesurat. Aquests valors s'han calculat segons el tipus d'ambient i la cota altimètrica de la mostra presa.

L'anàlisi estadístic amb el programa Statgraphics ha consistit en fer un anàlisi de la variança mitjançant una taula Anova i un anàlisi dels intervals de la mitjana segons el mètode de Tukey.

Les taules Anova permeten determinar si hi ha diferències significatives amb un nivell de confiança del 95%, entre dues variables, o entre una mateixa variable per dos ambients o alçades. A més, podem saber si la variança que presenten els valors ve donada per les diferències entre un grup de valors i una altre, o bé per les diferències entre el mateix grup de valors. Existiran diferències significatives entre els conjunts de valors, si el valor de P-Valor és inferior a 0,05

Pel que fa a l'anàlisi dels intervals de la mitjana, aquest ve donat per una taula de mitjanes en la que s'analitza la mitjana geomètrica, l'error estàndard i els límits inferiors i superiors dels valors a comparar.

Aquests límits o intervals estan calculats amb el mètode de Tukey HDS, que identifica si es donen diferències estadísticament significatives (HDS) entre dos grups de valors tenint en compte la mitjana i l'error estàndard de els mateixes. Amb l'aplicació del mètode de Tukey, es pot concloure que les diferències seran significatives si els límits inferior o superior d'un grup de valors queden inclosos en l'altre grup de valors.

Amb els gràfics d'interval de mitjanes comprovarem d'una manera visuals si existeixen diferències significatives, a un nivell de confiança del 95%, amb la representació gràfica dels límits de les mitjanes.

També amb el full de càlcul Excel s'han obtingut els coeficients de correlació lineal de Pearson. S'ha escollit aquest anàlisi de Pearson ja que a part de donar informació de la correlació positiva o negativa existent entre dues variables, permet determinar la significació d'aquesta correlació en funció del número de repeticions de cada variable.

El coeficient de Pearson ve donat per la formula:

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum XY}{N} - \overline{X}\overline{Y}}{S_x S_y}$$

On:

R_{xy} . = Coeficient de correlació lineal de Pearson.

X, Y = Variables

N = Número de repeticions de cada variable.

X_M , Y_M = Mitjana aritmètica de les variables X, Y.

S = Desviació estàndard de cada variable.

Per determinar si la correlació trobada prové de la relació entre les variables o de l'atzar, i quina influència té el número de repeticions de la variable en el coeficient de correlació, es determina la significació del coeficient de correlació a partir de la fórmula:

$$t = \frac{r_{xy} - 0}{\sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{N - 2}}}$$

On: t = Significació del coeficient de correlació

Comparant el valor obtingut amb el de la taula t -Student amb una significació del 95% ($\alpha=0,05$) i $N-2$ graus de llibertat, determinem si la correlació es significant.

Si el valor obtingut amb la fórmula és superior al de les taules determinem que la correlació existent prové del comportament de les variables.

Taula 4.11. Valors crítics per significació 95% de la taula *t*- Student per l'anàlisi de dues variables.

| N rep. | Test 2 variables |
|--------|--|
| | NIVELL DE SIGNIFICACIÓ (α) |
| | 0,05 |
| 5 | 2,571 |
| 6 | 2,447 |
| 7 | 2,365 |
| 8 | 2,306 |
| 9 | 2,262 |
| 10 | 2,228 |
| 11 | 2,201 |
| 12 | 2,179 |
| 13 | 2,160 |

4.6.2. SIMBOLOGIA UTILITZADA

Per la realització d'aquest treball s'han estudiat i comparat un total de 23 paràmetres d'un total de 17 punts de mostreig. Per cadascun d'aquests punts de mostreig s'ha definit el tipus d'ambient i si està per sobre de l'alçada llindar altitudinal de 380m.

La simbologia utilitzada és la següent:

PARÀMETRES ANALITZATS

- pH (pH)
- CE (conductivitat elèctrica)
- MO (% de matèria orgànica)
- CRAD (capacitat de retenció d'aigua disponible)
- CC (capacitat de camp)
- PM (punt de marciment permanent)
- Ko (conductivitat hidràulica a saturació)
- So (sortivitat)

- HA (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació agitada amb pre-humectació)
- HL (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació lenta)
- HS(%) (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode estàndard)
- HR (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació ràpida)
- Dap (densitat aparent)
- %A (textura - percentatge d'argila)
- %LF (textura - percentatge de llim fi)
- %LG (textura - percentatge de llim gruixut)
- %L (textura – percentatge de llim)
- %SF (textura - percentatge de sorra fina)
- %SG (textura - percentatge de sorra gruixuda)
- %S (textura – percentatge de sorra)
- %FF (granulometria - percentatge d'elements inferiors a 2 mm)
- %2A8 (granulometria - percentatge d'elements entre 2 i 8 mm)
- %>8 (granulometria - percentatge d'elements majors de 8mm)
- %FG (granulometria – percentatge d'elements majors de 2 mm)

AMBIENTS SELECCIONATS

En un primer anàlisi s'han dividit les parcel·les tenint en compte 3 ambients:

- VNT (ambient de vinya no transformada)
- VT (ambient de vinya transformada)
- B (ambient de bosc)

En un segon anàlisi s'han agrupat les dades de VNT i B en un sol conjunt d'ambient no transformat, quedant els següents ambients:

- NT (ambients no transformats)
- T (ambient transformat, que correspon a VT en l'anàlisi amb 3 ambients).

GRADIENT ALTITUDINAL

S'han analitzat els paràmetres en dues alçades, prenent com a valor llinar els 380 mt. Així doncs s'han dividit les parcel·les en:

- A (parcel·les amb alçada superior a 380 mt)
- B (parcel·les amb alçada inferior a 380 mt)

AMBIENTS – ALÇADES

Finalment s'han analitzat els resultats tenint en compte els ambients i les alçades. Així doncs s'han comparat ambient transformat i no transformats amb les alçades, usant la següent simbologia:

- NTA (ambient no transformat a alçada superior a 380 m)
- TA (ambient transformat a alçada superior a 380 m)
- NTB (ambient no transformat a alçada inferior a 380 m)
- TB (ambient no transformat a alçada inferior a 380 m)

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

5.1 ANÀLISI SEGONS ELS AMBIENTS SELECCIONATS

5.1.1. PARÀMETRES QUÍMICS

5.1.1.1. Matèria Orgànica

En la taula 5.1, es mostren els valors mitjans (X) i les desviacions standards (S) de les propietats dels sols analitzats en els tres tipus d'ambient estudiats. El percentatge de matèria orgànica l'ambient VT és molt baix, podent-lo considerar com a sòl no fèrtil (amb una mitjana de 0,59%). Aquest valor segurament és degut a varies causes:

1-Volteig de la terra durant la transformació, provocant un intercanvi d'horitzons i el soterrament de la MO en descomposició que es trobava en superfície.

2-Augment de l'erosió degut al volteig, de manera que l'aigua d'escolament pot arrossegar partícules orgàniques.

3-Entrada d'aire al sòl.

Taula 5.1 Valors de mitjana geomètrica (X) i desviació estàndard (S) dels paràmetres MO, pH i CE als ambients VT, VNT i B.

| AMBIENT | | M.O. (%) | pH | CE (dS/m) |
|---------|---|----------|------|-----------|
| VT | X | 0,59 | 6,38 | 0,13 |
| | S | 0,32 | 0,90 | 0,03 |
| VNT | X | 1,04 | 5,89 | 0,11 |
| | S | 0,57 | 1,24 | 0,01 |
| B | X | 3,14 | 6,39 | 0,06 |
| | S | 0,07 | 0,13 | 0,02 |

En la zona de VNT el valor de la mitjana és de 1,04%, que podem considerar com un valor mig baix, similars als valors normals de la zona.

Pel que fa a la zona B, la matèria orgànica té un valor molt elevat, (mitjana de 3,14%). Aquest valor és degut a les aportacions continuades pel material vegetal, animals i microorganismes, que s'han anat incorporant al sòl.

El baix valor de la desviació estàndard, ens indica, a més que són valors molt similars en tots els punts mostrejats, i que aquests no es desvien gaire del valor de la mitjana geomètrica.

Com podem veure en la taula 5.2, que té en compte l'anàlisi d'ambients transformats i no transformats, el valor mitjà del percentatge de matèria orgànica és més del doble en ambient NT que en T, de manera que es pot afirmar que les transformacions dutes a terme han produït aquests descens del MO.

Les diferències entre aquests valors mitjans podem afirmar que són significativament diferents amb un nivell de confiança del 95%, tal i com queda reflectit en la taula 5.3 d'anàlisi de la variança Anova.

Taula 5.2 Valors de mitjana geomètrica (X) i desviació estàndard (S) dels paràmetres MO, pH i CE als ambients T i NT.

| AMBIENT | | M.O. (%) | pH | CE (dS/m) |
|---------|---|----------|------|-----------|
| T | X | 0,59 | 6,38 | 0,13 |
| | S | 0,32 | 0,90 | 0,03 |
| NT | X | 1,37 | 6,01 | 0,09 |
| | S | 1,04 | 1,07 | 0,02 |

Taula 5.3. Taula Anova d'anàlisi de la variança amb nivell de confiança del 95% per valors mitjans de MO en ambients T i NT.

| Taula ANOVA | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------------|----------|--|
| Análisis de la Varianza | | | | | |
| Fuente | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente | |
| Entre grupos | 4,57967 | 1 | 4,57967 | 8,4 | |
| Intra grupos | 8,08658 | 15 | 0,539105 | | |
| Total (Corr.) | 12,6662 | 16 | | | |

5.1.1.2. pH

Com podem observar a les taules 5.1 i 5.2, tan en l'anàlisi dels ambients B, VT i VNT, com en el dels ambients T i NT, els valors de pH es troben dins els rangs de lleugerament àcid i mitjanament àcid, que són òptims pel cultiu de la vinya (Porta, 2003).

També podem apreciar que no existeixen diferències en els valors de pH en els ambient transformats. Podem afirmar doncs, que les transformacions dutes a terme no han produït variacions importants en els valor de reactivitat del sòl. També podem apreciar com els valors de desviació mitjana són molt baixos, cosa que indica la poca variabilitat entre els valors de cadascun dels ambients analitzats.

5.1.1.3. Conductivitat Elèctrica

Com podem veure a les taules 5.1 i 5.2 els valors de la conductivitat elèctrica (dS/m) en els ambients VT i VNT no presenten quasi diferències, amb mitjanes de 0,11 dS/m en l'ambient VNT i de 0,13 dS/m en l'ambient VT, evidenciant que les transformacions dutes a terme no han

alterat el valor de CE. Aquests valors de CE es poden considerar com a òptims pel cultiu de vinya.

Pel que fa als valors obtinguts en l'ambient B, la mitjana és de 0,06 dS/m, més baix degut a la presència continuada de restes orgàniques provinents de la vegetació i dels microorganismes, que atenuen i absorbeixen part de la salinitat del sòl. Aquests valors de CE en l'ambient B, com podem veure a la figura 5.1, són significativament diferents a un nivell de confiança del 95%, dels valors obtinguts en els ambients VT i VNT.

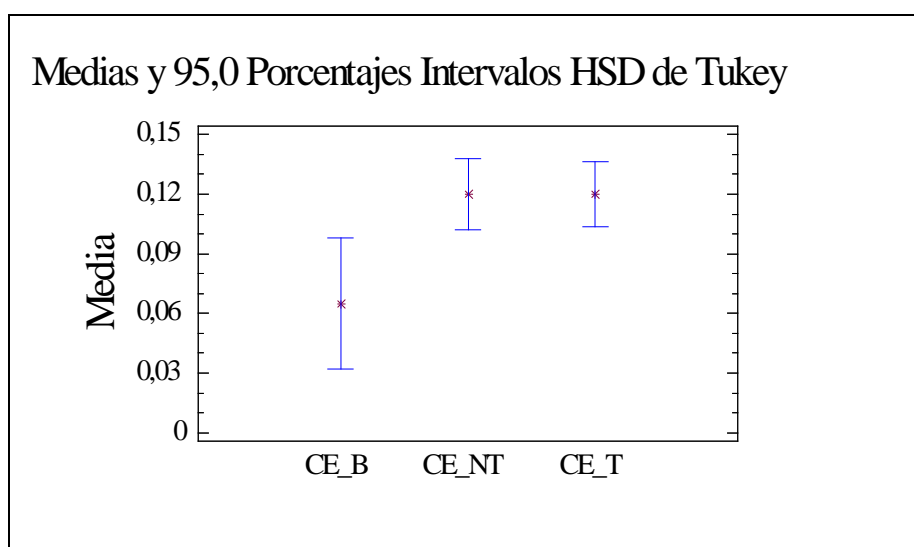


Figura 5.1. Anàlisi de mitjanes i intervals HSD de Tukey dels valors mitjans de CE als ambients NT, T i B.

Podem destacar la gran homogeneïtat que presenten els valors mitjans en tots els ambients, ja que en tots els casos el valor de la desviació estàndard és molt baixa.

5.1.2. PARÀMETRES FÍSICS

5.1.2.1. Granulometria

A les taules 5.4 i 5.5 es mostren els valors dels percentatges granulomètrics per les fraccions estudiades tenint en compte 3 i 2 ambients respectivament.

En tots els ambients analitzats cal destacar la gran importància de la FG, elements superiors a 2mm, amb valors que representen 2/3 del total, que ens permet considerar els sòls analitzats com a sòls pedregosos.

En l'anàlisi dels ambients T i NT (taula 5.5), podem observar que en l'ambient T la fracció fina i la fracció de 2 a 8 mm presenta valors més baixos que en l'ambient NT (uns 9 punts percentuals), mentre que el percentatge dels elements més grans és superior.

Aquestes diferències són degudes a la pèrdua de materials fins al fer les transformacions, ja que s'ha procedit al volteig d'horitzons, fent aflorar a la superfície els materials més grollers i augmentant l'erosió dels elements fins.

Taula 5.4. Valors de mitjana geomètrica i desviació estàndard dels percentatges granulomètrics pels ambients VT, VNT i B. (%FF - percentatge d'element inferiors a 2 mm; %2-8 - percentatge d'elements entre 2 i 8 mm; % \geq 8 - percentatge d'elements majors de 8 mm; %FG– percentatge d'elements majors de 2 mm)

| AMBIENT | | %FF | %2-8 | % \geq 8 | %FG |
|---------|---|-------|-------|------------|-------|
| VT | X | 32,21 | 24,02 | 43,76 | 67,79 |
| | S | 13,15 | 5,15 | 12,75 | 13,17 |
| VNT | X | 34,46 | 33,05 | 32,49 | 65,54 |
| | S | 4,29 | 2,84 | 5,48 | 4,29 |
| B | X | 31,55 | 25,57 | 42,87 | 68,45 |
| | S | 2,21 | 3,65 | 1,44 | 2,21 |

Com podem veure a la figura 5.2, els valors de mitjans del %2-8 mm entre els ambients T i NT són significativament diferents.

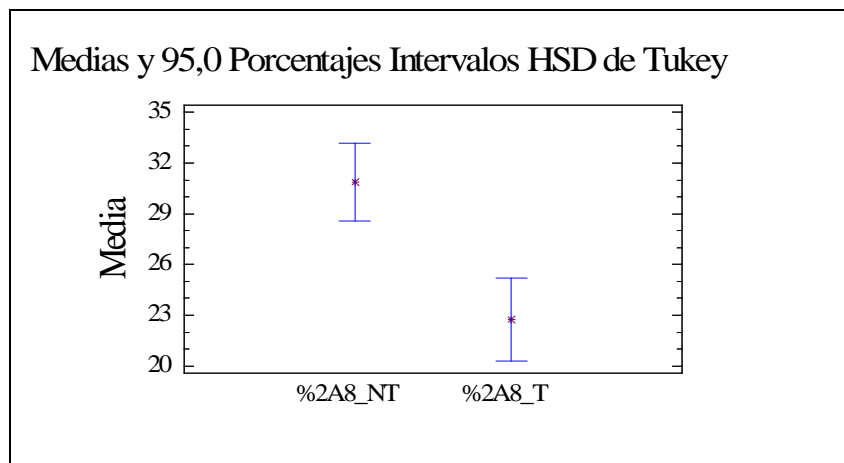


Figura 5.2. Anàlisi de mitjanes i percentatges d'interval HSD de Tukey dels valors mitjans de %2-8 als ambients NT i T.

Com podem observar també en la taula 5.5, els valors de la desviació estàndard són inferiors en l'ambient NT per tots els percentatges granulomètrics, aquests valors ens indiquen la gran variabilitat entre els valors en l'ambient T, degut a les transformacions que s'han fet amb diferents intensitat en els punts mostrejats.

Taula 5.5. Valors de mitjana geomètrica i desviació estàndard dels percentatges granulomètrics pels ambients VT, VNT i B.

| AMBIENT | | %FF | %2-8 | %>8 | %FG |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|
| T | X | 32,21 | 24,02 | 43,76 | 67,79 |
| | S | 13,15 | 5,15 | 12,75 | 13,17 |
| NT | X | 33,87 | 31,15 | 34,99 | 66,13 |
| | S | 3,96 | 4,36 | 6,64 | 3,96 |

5.1.2.2. Textura i classe textural

La classe textural en tots els ambients mostrejats és franca arenosa (Taula 5.6), com els sòls típics de la zona estudiada. Es poden observar petites diferències en alguns dels percentatges texturals analitzats, però en cap dels casos aquestes diferències són significatives. Cal destacar també els valors de la desviació estàndard que en tots els casos són baixos, indicant la poca variabilitat entre les dades de cada ambient.

Taula 5.6. Valors de mitjana geomètrica i desviació estàndard dels percentatges d'argila, llim i sorra, i classe textural pels ambients VT, VNT i B.

| AMBIENT | | %A | %LF | %LG | %SF | %SG | Classe |
|---------|---|------|-------|------|-------|-------|--------------|
| VT | X | 6,44 | 11,60 | 6,21 | 38,81 | 35,09 | Franc arenòs |
| | S | 1,95 | 2,19 | 1,39 | 7,54 | 6,98 | |
| VNT | X | 3,54 | 12,57 | 6,50 | 32,28 | 39,36 | Franc arenòs |
| | S | 3,17 | 3,72 | 1,91 | 7,83 | 9,87 | |
| B | X | 3,35 | 14,00 | 9,24 | 45,35 | 24,62 | Franc arenòs |
| | S | 0,26 | 1,10 | 1,14 | 1,46 | 3,69 | |

A la taula 5.7, en la que s'han agrupat els valors de VNT i B en un únic ambient NT, podem observar que l'ambient T presenta valors superiors en el percentatge de sorres, mentre que en les partícules més fines (argila i llims), els valors són inferiors als de l'ambient NT. Podem afirmar que les transformacions dutes a terme han comportat una lleugera pèrdua dels materials més fins, possiblement degut al volteig i a l'erosió superficial, si bé les diferències no són significatives.

També podem observar que els valors de la desviació són superiors en l'ambient NT degut a que els valors analitzats corresponen als ambients B i VNT.

Taula 5.7. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels percentatges i classe textural pels ambients T i NT.

| AMBIENT | | %A | %LF | %LG | %SF | %SG | Classe |
|---------|---|------|-------|------|-------|-------|--------------|
| T | X | 6,44 | 11,60 | 6,21 | 38,81 | 35,09 | Franc arenòs |
| | S | 1,95 | 2,19 | 1,39 | 7,54 | 6,98 | |
| NT | X | 6,69 | 12,92 | 7,10 | 35,14 | 35,01 | Franc arenòs |
| | S | 0,78 | 3,20 | 2,04 | 8,76 | 11,13 | |

5.1.2.3. Estabilitat dels agregats

En la taula 5.8 es mostren els valors mitjans de l'estabilitat d'agregats estimats pels 4 tractaments aplicats. Els valors més elevat d'estabilitat d'agregats per tots els tipus d'anàlisi el trobem en els ambients B, considerats com a estabilitat molt alta pel mètode HS ($\geq 75\%$) i agregats molt estables (mètodes HA, HL i HR) segons la classificació de le Bissonnais. En els ambients VT i VNT els valors obtinguts corresponen a agregats molt estables segons la classificació de le Bissonnais (mètodes HA, HL i HR) i agregabilitat alta (mètode HS).

Aquestes diferències son degudes a la gran quantitat de matèria orgànica que trobem en l'ambient B, ja que bàsicament l'agregació s'aconsegueix amb les unions de partícules minerals amb partícules orgàniques, molt abundants en l'ambient B.

També a la taula 5.8 podem observar que els valors més baixos d'estabilitat corresponen a l'ambient VT que, com hem vist presentava els valors més baixos de matèria orgànica.

Taula 5.8. Valors de mitjana geomètrica (X) i desviació estàndard (S) de l'estabilitat dels agregats pels ambients VT, VNT i B.

| AMBIENT | | H. A. (mm) | H. L. (mm) | H. R. (mm) | H. S. (%) |
|---------|---|------------|------------|------------|-----------|
| VT | X | 1,10 | 1,15 | 1,10 | 73,29 |
| | S | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 8,10 |
| VNT | X | 1,16 | 1,22 | 1,16 | 72,57 |
| | S | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 12,22 |
| B | X | 1,29 | 1,39 | 1,30 | 89,26 |
| | S | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,37 |

Si considerem l'anàlisi dels ambients T i NT (Taula 5.9), en tots els mètodes estudiats el valor d'estabilitat dels agregats ha disminuït després de les transformacions. El mètode que presenta majors diferències és el d'humectació lenta (HL), i el que presenta les menors diferències és el mètode estàndard (HS).

Aquesta disminució és deguda a la reducció de la MO i al trencament dels agregats al fer les transformacions de volteig de sòl i trituració dels materials. Aquesta disminució de l'estabilitat dels agregats comporta en els sòls de l'ambient T, una pitjor estructura del sòl, trencament de la continuïtat dels porus, i per tant, també impliquen una disminució de la capacitat d'infiltració i augment de l'escolament.

Taula 5.9. Valors de mitjana geomètrica (X) i desviació estàndard (S) de l'estabilitat dels agregats pels ambients T i NT. HA (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació agitada amb pre-humectació; HL (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació lenta; HS(%) (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode estàndard); HR (estabilitat dels agregats mitjançant el mètode d'humectació ràpida)

| AMBIENT | | H. A. (mm) | H. L. (mm) | H. R. (mm) | H. S. (%) |
|---------|---|------------|------------|------------|-----------|
| VT | X | 1,10 | 1,15 | 1,10 | 73,29 |
| | S | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 8,10 |
| VNT | X | 1,19 | 1,26 | 1,19 | 76,43 |
| | S | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 12,68 |

5.1.2.4. Densitat aparent

Tal i com podem veure a la taula 5.10 els valors de Dap es troben entre 1,364 i 1,678 g/cm³. Els valors es poden considerar normals en aquests tipus de sòls amb grans percentatges de materials grollers.

Podem observar que els valors més baixos els trobem en l'ambient B, possiblement degut a la gran quantitat de MO, de baixa densitat. Pel que fa als ambients de vinya, hi ha una disminució de la Dap en l'ambient VT, ja que les transformacions dutes a terme han trencat l'estructura del sòl capgirant horitzons i provocant erosió dels elements fins, fet que ha comportat una disminució dels valors de densitat aparent.

Taula 5.10. Valors de mitjana geomètrica i desviació estàndard dels paràmetres Dap i CRAD segons els ambients VT, VNT i B, i T i NT.

| AMBIENT | | Dap (g/cm ³) | CRAD (mm) | AMBIENT | | Dap (g/cm ³) | CRAD (mm) |
|---------|---|--------------------------|-----------|---------|---|--------------------------|-----------|
| VT | X | 1,538 | 19,83 | T | X | 1,538 | 19,83 |
| | S | 103 | 6,96 | | S | 103 | 6,96 |
| VNT | X | 1,678 | 40,06 | NT | X | 1,594 | 41,08 |
| | S | 337 | 10,26 | | S | 336 | 8,84 |
| B | X | 1,364 | 44,30 | | | | |
| | S | 229 | 2,51 | | | | |

Agrupant els ambients no transformats en l'ambient NT, continu fent-se palès aquest augment de valors més elevats de densitat aparent en les zones no transformades.

5.1.2.5. Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD)

Tal i com podem observar a la taula 5.10, la CRAD presenta valors molts baixos en totes les parcel·les mesurades, corresponent a un règim Xèric (Porta, 2003).

Taula 5.11. Taula de mitjanes i intervals HSD Tukey pels valors de la CRAD en els ambients NT i T.

| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
|---------|-------|---------|-----------------------------|-------------|-------------|
| CRAD_NT | 9 | 36,4367 | 2,63359 | 32,4674 | 40,4059 |
| CRAD_T | 8 | 20,985 | 2,79334 | 16,775 | 25,195 |
| Total | 17 | 29,1653 | | | |

Encara a la taula 5.10 s'observa que els valors més baixos de CRAD corresponen a l'ambient de vinya transformada. Els valors en els ambients de bosc i de vinya no transformada presenten una baixa variabilitat i són molt més elevats que en la zona transformada.

Tenint en compte l'anàlisi de dos ambients, també a la taula 5.10, podem observar que els valors mitjans de les zones no transformades dupliquen els valors de les zones transformades. Estadísticament, i mitjançant l'anàlisi de mitjanes i intervals de confiança de Tukey (Figura 5.3), els valors de CRAD d'ambients transformats i no transformats presenten diferències significatives amb un nivell de confiança del 95%.

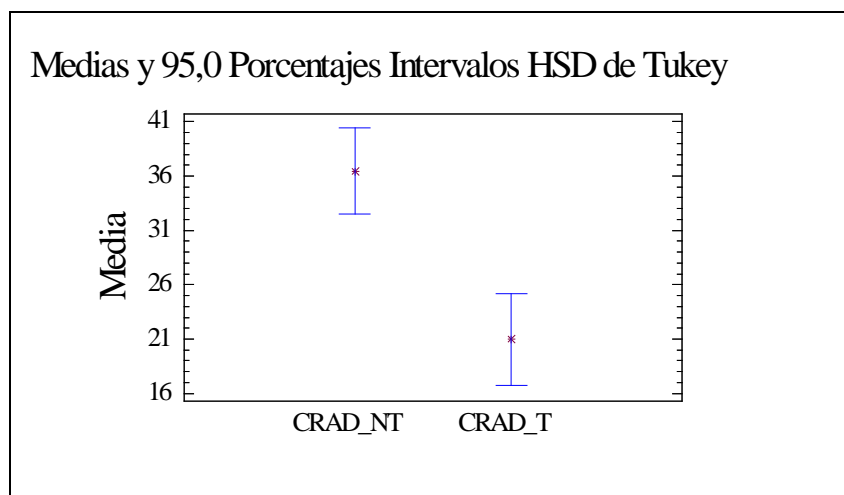


Figura 5.3. Valors mitjans i intervals de CRAD en els ambients transformats i no transformats segons l'anàlisi de Tukey.

També podem veure que existeixen diferències significatives entre els valors mitjans de la CRAD de les zones transformades i no transformades amb la taula de mitjanes (Taula 5.11), en la que també es té en compte l'error estàndard dels conjunts de valors.

Amb aquests anàlisis estadístics, es fa palès que les transformacions dutes a terme han comportat una disminució significativa de la CRAD, reduint notablement la disponibilitat d'aigua per les plantes, ja molt baixa en aquests tipus de sòl de règim xèric. Provocant un augment de l'escolament superficial, i per tant de l'erosió superficial, i fent-se necessària l'aportació d'aigua en forma de reg per assegurar la supervivència de les noves plantacions de vinya. Al grup de les vinyes transformades s'inclouen les que havien estat sotmeses a trituració. Els resultats mostren que realment la capacitat de retenció d'aigua no millora amb aquesta pràctica.

5.1.2.6. Conductivitat hidràulica i sortivitat

La conductivitat hidràulica, juntament amb la CRAD, són els principals paràmetres que ens permeten determinar el comportament i desplaçament de l'aigua al sòl. Els valors mitjans de K_o obtinguts en cada ambient es mostren en la taula 5.11.

Taula 5.11. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels paràmetres K_o i S_o , segons els ambients VT, VNT i B, i T i NT.

| AMBIENT | | K_o (mm/h) | S_o (cm/s $\frac{1}{2}$) | AMBIENT | | K_o (mm/h) | S_o (cm/s $\frac{1}{2}$) |
|---------|---|--------------|-----------------------------|---------|---|--------------|-----------------------------|
| VT | X | 180,36 | 3,31 | T | X | 180,36 | 3,31 |
| | S | 152,10 | 2,41 | | S | 152,10 | 2,41 |
| VNT | X | 369,00 | 7,05 | NT | X | 366,89 | 6,67 |
| | S | 145,06 | 3,52 | | S | 130,89 | 3,17 |
| B | X | 360,63 | 5,59 | | | | |
| | S | 119,08 | 1,59 | | | | |

Com podem veure a la taula 5.11, el valor mitjà de la K_o en les zones transformades és de 180 (mm/h), mentre que en les zones de bosc i de vinya no transformada els valors són del doble (uns 360 mm/h). Les transformacions han provocat una disminució dels micro i macro porus, i el trencament de la continuïtat dels mateixos, reduint-ne dràsticament la conductivitat hidràulica. El volteig d'horitzons, el trencament d'elements grollers i la compactació, realitzades, han provocat aquesta notable disminució de la conductivitat hidràulica, afavorint l'escolament superficial de l'aigua i la generació d'erosió, escorrancs i xerracs (Imatge 5.1)



Imatge 5.1. Erosió per escolament en la zona transformada.

A la taula 5.11 es mostren també els valors quan s'agrupen els valors dels ambients B i VNT en ambient NT. Els resultats ens permeten veure també la gran variabilitat que presenten les dades dels dos ambients, ja que els valors de la desviació estàndard són, en els dos ambients força elevats. La principal variabilitat però, la trobem en l'ambient VT, que presenta un valor màxim de 594 i mínim 86 mm/h.

Estadísticament podem comprovar que existeixen diferències significatives entre les mitjanes dels ambients amb la taula de mitjanes, en la que el valor del límit superior de l'ambient T és inferior al límit inferior de l'ambient NT.

Taula 5.14. Taula de mitjanes i límits pels valors de la Ko en els ambients NT i T.

| Tabla de Medias con 90,0 intervalos HSD de Tukey | | | | |
|---|-------|---------|--------------------------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. |
| KO_T | 8 | 216,159 | 49,5051 | 154,792 |
| KO_NT | 9 | 345,628 | 46,6738 | 287,771 |
| Total | 17 | 284,701 | | |

També amb l'anàlisi de la variança dels valors de l'ambient T i NT (Taula 5.14) comprovem que, amb un nivell de confiança del 90% també existeixen diferències significatives entre les mitjanes de Ko en els dos ambients.

Taula 5.15. Taula Anova d'anàlisi de la variança amb nivell de confiança del 95% per valors mitjans de Ko en ambients T i NT

| T a b l a A N O V A | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------------|---|--|
| Análisis de la Varianza | | | | | |
| Fuente | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | C | |
| Entre grupos | 70993,0 | 1 | 70993,0 | | |
| Intra grupos | 294090,0 | 15 | 19606,0 | | |
| Total (Corr.) | 365083,0 | 16 | | | |

Pel que fa a la sortivitat, aquesta es calcula com el pendent que pren la corba d'infiltració en els primers moments, en la que es considera que aquesta només depèn de les diferències de potencial. El valor de la sortivitat per tant, ens indica la facilitat amb la que entra l'aigua en els primers estadis de la infiltració.

Com podem veure en la taula 5.11 l'ambient NT presenta uns valors de S molt més elevats que en l'ambient T, de manera que, podem afirmar que les transformacions realitzades han provocat una alteració important en la infiltració i el moviment de l'aigua en el sòl. Comportant problemes de generació d'escorrentia superficial i esllavissaments.

5.2. ANÀLISI SEGONS EL GRADIENT ALTITUDINAL

5.2.1. PARÀMETRES QUÍMICS

5.2.1.1. Matèria Orgànica

Com podem veure a la taula 5.12, existeixen petites diferències, no significatives entre els percentatge de MO entre les parts altes i les baixes amb una mitjana de 0,85 en la part alta i de 0,91 en la part baixa. Separant els ambients transformat i no transformats (Taula 5.13) podem observar que aquestes diferències són degudes a l'ambient NT, mentre que en l'ambient T, pràcticament no hi ha diferències en el transsecte altitudinal.

Les diferències en l'ambient NT poden ser degudes a l'erosió, que incorpora material vegetal a les zones baixes provinents de les zones elevades.

Taula 5.12 Valors de la mitjana geomètrica (X) i desviació estàndard (S) dels paràmetres MO, pH i CE segons les cotes altimètriques A i B.

| ALÇADA | | M.O. (%) | pH | CE (dS/m) |
|--------|---|----------|------|-----------|
| A | X | 0,85 | 6,71 | 0,10 |
| | S | 0,86 | 0,50 | 0,02 |
| B | X | 0,91 | 5,54 | 0,12 |
| | S | 0,99 | 1,14 | 0,04 |

També a la taula 5.13 podem comprovar, tal i com hem vist en l'anterior apartat, que les diferències significatives existents entre els ambients T i NT les trobem en tot el gradient altitudinal, evidència l'efecte de les transformacions realitzades en la MO.

A la figura 5.7 podem observar que en l'anàlisi de Tukey amb un nivell de confiança del 95%, existeixen diferències significatives entre TB i NTB.

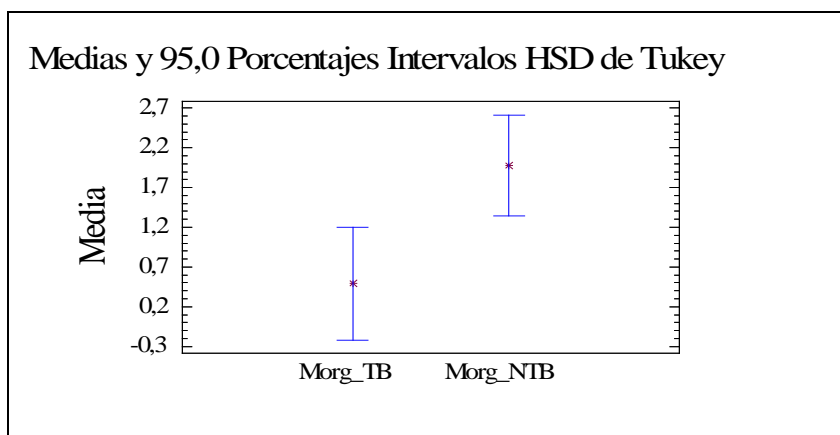


Figura 5.7. Anàlisi de mitjanes i intervals HSD de Tukey de MO en els ambients TB i NTB.

5.2.1.2. pH

Els valors de pH presenten diferències significatives entre les alçades A i B, amb mitjanes de 6,71 i 5,54 respectivament (Taula 5.12).

Taula 5.13 Valors de la mitjana geomètrica i desviació estàndard de MO, pH i CE segons les alçades A i B i els ambients T i NT.

| AMBIENT I ALÇADA | | M.O. (%) | pH | CE (dS/m) |
|------------------|---|----------|------|-----------|
| TA | X | 0,57 | 6,81 | 0,11 |
| | S | 0,24 | 0,41 | 0,01 |
| NTA | X | 1,28 | 6,62 | 0,09 |
| | S | 1,03 | 0,61 | 0,03 |
| TB | X | 0,60 | 5,88 | 0,14 |
| | S | 0,44 | 1,20 | 0,03 |
| NTB | X | 1,55 | 5,12 | 0,10 |
| | S | 1,25 | 1,12 | 0,02 |

Aquestes diferències en les alçades A i B, es donen tan en l'ambient T com en el NT, tal i com podem veure a la taula 5.13. Cal destacar el menor valor de pH (més àcid) que trobem en NTB, valor que s'allunya dels considerats òptims pel cultiu de la vinya (5,6 a 7, Porta (2003)).

També podem observar que els ambients T presenten valors similars als dels ambients NT en les diferents alçades, així que podem afirmar que les transformacions realitzades no han influït en els valors del pH.

Podem comprovar també que les diferències entre els valors obtinguts en alçades A i B, són significatives amb la taula de mitjanes (taula 5.14), en la que el límit superior de NTB és inferior al límit inferior de NTA.

Aquestes diferències són degudes bàsicament als baixos valors obtinguts en els ambients de VNT, amb baixa matèria orgànica i en els que les aplicacions d'alguns productes de manera continuada poden haver provocat aquesta acidesa.

Altres anàlisis complementaris d'alumini i altres ions, i de composició de les argiles podrien explicar la causa d'aquest baix valor.

Taula 5.14. Taula de mitjanes i límits pels valors de la CRAD en els ambients NT i T.

| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|---|-------|---------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
| pH_NTA | 4 | 6,725 | 0,451498 | 5,97007 | 7,47993 |
| pH_NTB | 5 | 5,254 | 0,403832 | 4,57877 | 5,92923 |
| Tot al | 9 | 5,90778 | | | |

5.2.1.3. Conductivitat Elèctrica

Tal i com podem veure a la taula 5.12, el valor de la conductivitat elèctrica no presenta diferències significatives en el gradient altitudinal.

Separant les dades en els ambients T i NT (taula 5.13), podem observar que tant en tot el gradient altitudinal les valors de CE són superiors en el ambient T que NT, trobant les diferències més importants entre els ambients TA i TB, amb valors de 0,11 i 0,14 respectivament.

Una de les causes que expliquen aquests valors és la destrucció de partícules organo-minerals durant les transformacions, que han alliberant cations, i què, en conseqüència han fet augmentar els valors de CE. Aquest efecte el podem veure més evident en les alçades B, ja que en les parts més elevades s'ha vist atenuat per l'efecte de l'erosió.

5.2.2. PARÀMETRES FÍSICS

5.2.2.1. Estabilitat dels agregats

Com podem observar a la taula 5.15, els valors d'estabilitat dels agregats pels mètodes HA, HL i HR estan compresos entre 1,00 i 1,25, considerats estables segons la classificació de le

Bissonnais. Pel mètode HS, els valors corresponen a una estabilitat alta en les alçades A i molt alta en les alçades B.

Taula 5.15. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard de l'estabilitat dels agregats segons les alçades A i B.

| ALÇADA | | H. A. (mm) | H. L. (mm) | H. R.(mm) | H. S. (%) |
|--------|---|------------|------------|-----------|-----------|
| A | X | 1,12 | 1,19 | 1,11 | 71,71 |
| | S | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 8,65 |
| B | X | 1,19 | 1,23 | 1,18 | 79,32 |
| | S | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 11,37 |

Taula 5.16. Taula de mitjanes i límits pels valors de la CRAD en els ambients NT i T.

| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|---|-------|-----------------------------|-------------|-------------|---------|
| Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. | |
| HA_TB | 4 | 1,0975 | 0,0393678 | 1,03168 | 1,16332 |
| HA NTB | 5 | 1,266 | 0,0352116 | 1,20712 | 1,32488 |
| Total | 9 | 1,19111 | | | |
| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
| Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. | |
| HL_TB | 4 | 1,125 | 0,0462215 | 1,04772 | 1,20228 |
| HL NTB | 5 | 1,344 | 0,0413418 | 1,27487 | 1,41313 |
| Total | 9 | 1,24667 | | | |
| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
| Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. | |
| HR_TB | 4 | 1,0825 | 0,0344109 | 1,02496 | 1,14004 |
| HR NTB | 5 | 1,268 | 0,030778 | 1,21654 | 1,31946 |
| Total | 9 | 1,18556 | | | |
| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
| Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. | |
| HS_TB | 4 | 69,585 | 3,20778 | 64,2214 | 74,9486 |
| HS NTB | 5 | 87,692 | 2,86913 | 82,8947 | 92,4893 |
| Total | 9 | 79,6444 | | | |

Com es pot observar a la taula 5.15, per a tots els anàlisis d'estabilitat els valors són superiors en les parts altes per a tots els anàlisis d'estabilitat realitzats. Les diferències més importants les trobem amb el mètode d'humectació estàndard amb uns valors 10% superiors en l'alçada

A la taula 5.17, podem observar que les diferències entre els ambients T i NT ja comentades en l'apartat anterior, són més importants en les parcel·les d'alçada B, en les que trobem diferències significatives pels 4 mètodes de disgregació analitzats.

Aquestes diferències s'han obtingut tant amb l'anàlisi de la variança mitjançant les taules Anova, com amb les taules de mitjanes amb intervals HSD de Tukey (taula 5.16). No s'han obtingut diferències significatives en els anàlisis de disgregació, pels ambients T i NT en alçades elevades.

Comparant els valors obtinguts en els 2 ambients en funció de l'alçada, s'evidencia que en tots el casos, excepte en l'ambient T pel mètode HS, els valors superiors els trobem en l'alçada B. Aquestes diferències són degudes a la major quantitat de MO trobada en l'alçada B.

Taula 5.17. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard de l'estabilitat dels agregats les alçades A i B, i segons els ambients T i NT.

| AMBIENT I ALÇADA | | H. A.(mm) | H. L.(mm) | H. R.(mm) | H. S. (%) |
|------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TA | X | 1,09 | 1,17 | 1,10 | 73,66 |
| | S | 0,21 | 0,18 | 0,20 | 6,37 |
| NTA | X | 1,14 | 1,21 | 1,13 | 69,80 |
| | S | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 10,97 |
| TB | X | 1,12 | 1,13 | 1,10 | 72,83 |
| | S | 0,12 | 0,14 | 0,10 | 10,99 |
| NTB | X | 1,29 | 1,36 | 1,29 | 88,89 |
| | S | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 1,46 |

5.2.2.2. Textura i classe textural

Els valors percentuals de les diferents fraccions no presenten variacions significatives en alçada a excepció del percentatge de sorres fines (%SF), que presenta valors de 5,34% superiors en les alçades baixes (Taula 5.18).

Descomponent les dades en els ambients estudiats podem observar que aquestes diferències en el %SF són degudes bàsicament a les dades de l'ambient NT, en el que la diferència arriba als 10 punts percentuals (Taula 5.19).

Taula 5.18. Valors de mitja geomètrica (X) i desviació estàndard (S) dels percentatges i classe textural pes alçades A i B.

| ALÇADA | | %A | %LF | %LG | %SF | %SG | Classe |
|--------|---|------|-------|------|-------|-------|--------------|
| A | X | 6,21 | 13,07 | 6,36 | 34,93 | 37,05 | Franc arenòs |
| | S | 1,11 | 2,84 | 1,47 | 8,46 | 8,83 | |
| B | X | 7,08 | 11,06 | 6,99 | 40,27 | 32,37 | Franc arenòs |
| | S | 1,81 | 2,18 | 2,12 | 7,01 | 8,90 | |

Taula 5.19. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels percentatges i classe textural per les alçades A i B, i els ambients T i NT.

| AMBIENT I ALÇADA | | %A | %LF | %LG | %SF | %SG | Classe |
|------------------|---|------|-------|------|-------|-------|--------------|
| TA | X | 5,77 | 12,82 | 6,45 | 38,63 | 34,92 | Franc arenòs |
| | S | 1,23 | 1,74 | 1,17 | 7,97 | 6,31 | |
| NTA | X | 6,68 | 13,33 | 6,28 | 31,59 | 39,31 | Franc arenòs |
| | S | 0,89 | 3,82 | 1,87 | 8,22 | 10,91 | |
| TB | X | 7,37 | 10,24 | 5,93 | 39,05 | 35,29 | Franc arenòs |
| | S | 2,39 | 2,00 | 1,79 | 8,17 | 8,74 | |
| NTB | X | 6,70 | 12,25 | 8,71 | 41,97 | 28,85 | Franc arenòs |
| | S | 0,74 | 2,19 | 1,61 | 6,41 | 9,36 | |

Aquestes diferències són estadísticament significatives a un nivell de confiança del 95%, tant amb l'anàlisi de la variança (p-valor de la taula Anova de 0,0125), com amb la taula de mitjanes amb intervals de Tukey, gràficament representada en la Figura 5.8.

També s'observen diferències en aquest mateix ambient NT en el percentatge de SG, en aquest cas amb valors superiors en les cotes altes (A), però aquestes diferències no són significatives al nivell de confiança del 95%.

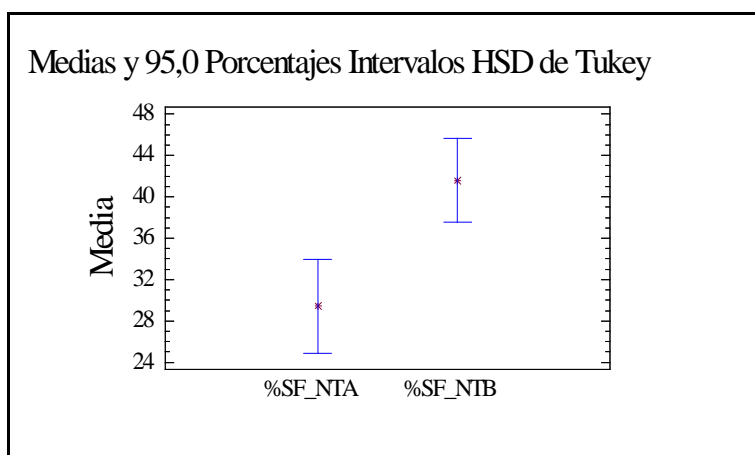


Figura 5.8. Valors mitjans i intervals de CRAD en els ambients transformats i no transformats segons l'anàlisi de Tukey.

5.2.2.3. Granulometria

Els percentatges granulomètrics no presenten variacions en el transecte altitudinal, trobant valors molt propers per a totes les fraccions (Taula 5.20).

Taula 5.20. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels percentatges granulomètrics per les alçades A i B.

| ALÇADA | | % <2 | % 2-8 | % >8 | FG |
|--------|---|-------|-------|-------|-------|
| A | X | 32,90 | 26,25 | 38,05 | 65,81 |
| | S | 8,03 | 7,33 | 9,03 | 8,03 |
| B | X | 30,66 | 26,39 | 38,33 | 66,12 |
| | S | 12,34 | 4,29 | 13,92 | 12,34 |

Taula 5.21. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels percentatges granulomètrics per les alçades A i B, i els ambients T i NT.

| AMBIENT I ALÇADA | | % <2 | % 2-8 | % >8 | FG |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| TA | X | 33,58 | 21,25 | 42,08 | 64,21 |
| | S | 11,09 | 6,10 | 9,63 | 11,09 |
| NTA | X | 32,23 | 32,41 | 34,41 | 67,44 |
| | S | 4,22 | 3,71 | 7,12 | 4,22 |
| TB | X | 27,30 | 25,00 | 41,04 | 67,69 |
| | S | 16,82 | 3,68 | 17,57 | 16,82 |
| NTB | X | 35,79 | 28,36 | 35,00 | 64,09 |
| | S | 2,88 | 4,96 | 7,26 | 2,88 |

Pel que fa als valors dels ambients T i NT en les alçades A i B, tal i com podem observar a la taula 5.21, les diferències trobades en els anàlisis per ambient en la fracció de 2-8 mm, les trobem en tot el transecte altitudinal, evidenciant la trituració d'aquesta fracció durant les transformacions. La diferència màxima la trobem en l'alçada A, amb més de 10 punts percentuals entre TA i NTA en aquesta fracció.

Els ambients NT presenten variacions en les fraccions <2 mm i 2-8 mm en alçada, aquestes diferències són significatives a un nivell de confiança de 90% (Taula 5.22), però no amb un nivell de 95%. Aquestes diferències poden ser degudes a l'erosió de les parts altes que aporta i acumula materials més fins en les parts baixes.

Els ambients T també presenten diferències significatives a un nivell de 90% en les fraccions <2 mm i 2-8 mm, evidenciant les diferents intensitats en les trituracions dels materials entre les parts altes i baixes.

Taula 5.22. Taula de mitjanes i intervals HSD a 90% pels valors de %2-8 mm en els ambients NTA i NTB.

| Tabla de Medias con 90,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|---|-------|---------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
| %2A8_NTA | 4 | 33,6675 | 1,69928 | 31,391 | 35,944 |
| %2A8_NTB | 5 | 28,636 | 1,51988 | 26,5999 | 30,6721 |
| Tot al | 9 | 30,8722 | | | |

5.2.2.4. Densitat aparent

Els valors de la Dap seguint el gradient altitudinal no presenten diferències significatives.

Taula 5.23. Valors de mitja geomètrica (X) i desviació estàndard (S) de la densitat aparent i la CRAD segons les alçades A i B.

| ALÇADA | | Dap (g/cm ³) | CRAD (mm) |
|--------|---|--------------------------|-----------|
| A | X | 1.619,95 | 30,02 |
| | S | 274,10 | 14,44 |
| B | X | 1.487,70 | 25,20 |
| | S | 152,03 | 11,88 |

Com podem veure a la taula 5.23, els valors més elevats els trobem en les alçades elevades (A). Aquestes diferències són degudes a l'augment de matèria orgànica que trobem en les alçades baixes (B), que en fan disminuir el valor de la Dap, aquestes diferències però no són significatives en les proves estadístiques realitzades.

També podem observar que en les parts elevades (A) els valors són molt més heterogenis que en les parts baixes (B), ja que presenten un valor de desviació estàndard molt més elevat.

Taula 5.24. Valors de mitjana geomètrica i desviació estàndard dels paràmetres Dap i CRAD als ambients TA, TB, NTA i NTB.

| AMBIENT I ALÇADA | | Dap (gr/cm ³) | CRAD (mm) |
|------------------|---|---------------------------|-----------|
| TA | X | 1530,27 | 20,96 |
| | S | 101,61 | 8,65 |
| NTA | X | 1714,88 | 43,00 |
| | S | 360,61 | 9,66 |
| TB | X | 1548,31 | 18,49 |
| | S | 119,13 | 4,71 |
| NTB | X | 1410,56 | 38,08 |
| | S | 181,31 | 7,72 |

A la taula 5.24, en la que figuren les dades també en funció de l'ambient podem veure com les diferències trobades anteriorment són degudes a l'ambient NT, ja que en els ambients T els valors de Dap no presenten diferències en el gradient altitudinal. Aquestes diferències trobades en l'ambient NT són degudes al major percentatge de MO en les cotes baixes (NTB).

5.2.2.5. Capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD)

Analitzant els resultats obtinguts en funció de les alçades podem determinar que no existeixen diferències significatives entre els valors de la CRAD entre les zones elevades i les zones baixes (Taula 5.23).

Separant els valors en els ambients T i NT, com podem observar a la taula 5.24, es fan evidents les diferències ja vistes en l'anàlisi per ambients. Tant en les parcel·les situades en la part alta com la baixa els valors de CRAD de l'ambient T són molt inferiors als de l'ambient NT.

Com podem veure a les taules d'anàlisi de la variança (taula Anova) de la taula 5.25, les diferències són significatives en totes dues alçades, ja que els p-valors són inferiors a 0,05 (0,0408 per alçades B, i 0,0246 per alçades A).

Aquestes diferències també són significatives analitzant les dades pel mètode de les taules de mitjanes i intervals de Tukey per un 95% de significació (taula 5.26).

Pel que fa als valors d'un mateix ambient (T i NT) per les dues alçades, aquests no presenten diferències significatives.

Taula 5.25. Taula Anova d'anàlisi de la variança amb significació del 95% pels ambients NTB-TB i NTA-TA.

| Taula ANOVA | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|--|
| Análisis de la Varianza | | | | | | |
| Fuente | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente F | P-Valor | |
| Entre grupos | 511,061 | 1 | 511,061 | 6,26 | 0,0408 | |
| Int r a grupos | 571,067 | 7 | 81,581 | | | |
| Tot al (Corr.) | 1082,13 | 8 | | | | |

| Taula ANOVA | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|--|
| Análisis de la Varianza | | | | | | |
| Fuente | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente F | P-Valor | |
| Entre grupos | 512,8 | 1 | 512,8 | 8,88 | 0,0246 | |
| Int r a grupos | 346,486 | 6 | 57,7476 | | | |
| Tot al (Corr.) | 859,286 | 7 | | | | |

Taula 5.26. Taula de mitjanes i intervals HSD a 95% pels valors de CRAD en els ambients NTB-TB i NTA-TA

| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|---|-------|--------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
| CRAD_TB | 4 | 20,175 | 4,51611 | 12,6239 | 27,7261 |
| CRAD_NTB | 5 | 35,34 | 4,03933 | 28,586 | 42,094 |
| Total | 9 | 28,6 | | | |

| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|---|-------|---------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
| CRAD_TA | 4 | 21,795 | 3,79959 | 15,2208 | 28,3692 |
| CRAD_NTA | 4 | 37,8075 | 3,79959 | 31,2333 | 44,3817 |
| Total | 8 | 29,8013 | | | |

5.2.2.6. Conductivitat hidràulica i sortivitat

Analitzant els valors de la Ko en funció de l'alçada (Taula 5.27) podem comprovar com existeixen diferències significatives. En les zones elevades el valor mitjà és de 305,79 mm/h, mentre que en les zones baixes el valor és de 191,01 mm/h, que representa una reducció del 62%.

Taula 5.27. Valors de mitja geomètrica i desviació estàndard dels paràmetres Ko i So, segons les alçades A i B.

| ALÇADA | | Ko (mm/h) | So (cm/s) |
|--------|---|-----------|-----------|
| A | X | 305,79 | 5,34 |
| | S | 185,03 | 3,24 |
| B | X | 191,01 | 3,97 |
| | S | 69,82 | 3,26 |

Separant les dades en funció de l'ambient T o NT, com podem veure a la taula 5.23, podem observar que les diferències existeixen tant en els ambients T, com NT (amb diferències del 70% en ambient T i del 60% en l'ambient NT).

Aquestes diferències entre les zones elevades i les baixes són difícilment explicables amb els paràmetres analitzats. Si bé alguns paràmetres podrien explicar aquests valors molt més elevats en les parts altes, com un major percentatge d'elements fins en les parts altes, altres paràmetres estudiats que tenen influència en la Ko, tindrien un efecte contrari als resultats obtinguts

(trobem valors superiors d'estabilitat d'agregats i de MO en les zones baixes). Caldria fer altres anàlisis complementaris de distribució, mida i continuïtat dels porus per poder explicar les diferències trobades.

Taula 5.28. Valors de mitja geomètrica (X) i desviació estàndard (S) dels paràmetres Ko i So, segons les alçades A i B, i els ambients T i NT.

| AMBIENT I ALÇADA | | Ko (mm/h) | So (cm/s) |
|------------------|---|-----------|-----------|
| TA | X | 211,20 | 3,78 |
| | S | 197,19 | 2,82 |
| NTA | X | 442,73 | 7,05 |
| | S | 117,10 | 3,12 |
| TB | X | 148,06 | 2,89 |
| | S | 46,85 | 2,21 |
| NTB | X | 268,25 | 6,03 |
| | S | 15,43 | 3,92 |

També a la taula 5.28 observem que els valors de la Ko en les parts elevades presenten molta més variabilitat que en les alçades baixes, ja que el valor de la desviació estàndard és molt més elevat.

Taula 5.29. Taula Anova d'anàlisi de la variança amb significació del 95% pels ambients NTA-TA.

| Análisis de la Varianza | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|--|
| Fuente | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente F | P-Valor | |
| Entre grupos | 41980,6 | 1 | 41980,6 | 6,00 | 0,0442 | |
| Intra grupos | 49010,3 | 7 | 7001,48 | | | |
| Total (Corr.) | 90990,9 | 8 | | | | |

Taula 5.30. Taula de mitjanes i intervals HSD a 95% pels valors de Ko en els ambients NTB-TB.

| Tabla de Medias con 95,0 intervalos HSD de Tukey | | | | | |
|--|-------|---------|-----------------------------|-------------|-------------|
| | Frec. | Media | Error Estándar (s agrupada) | Límite inf. | Límite sup. |
| Ko_TB | 4 | 148,963 | 41,8374 | 79,0084 | 218,917 |
| Ko_NTB | 5 | 286,408 | 37,4205 | 223,839 | 348,977 |
| Total | 9 | 225,321 | | | |

Pel que fa a l'anàlisi dels ambients T i NT en les diferents alçades, comprovem que tal i com hem trobat en l'apartat 5.1, existeixen diferències significatives dels valors de Ko en tot el

gradient altitudinal. Les reduccions de la Ko després de les transformacions són del 47% en alçades A i del 55% en les alçades B.

En alçades elevades obtenim també diferències significatives amb l'anàlisi de la varianza Anova, en la que obtenim un p-valor de 0,0442 (Taula 5.29). En alçades baixes trobem també diferències significatives amb la taula de mitjanes i intervals HSD de Tukey (Taula 5.30 i Figura 5.9).

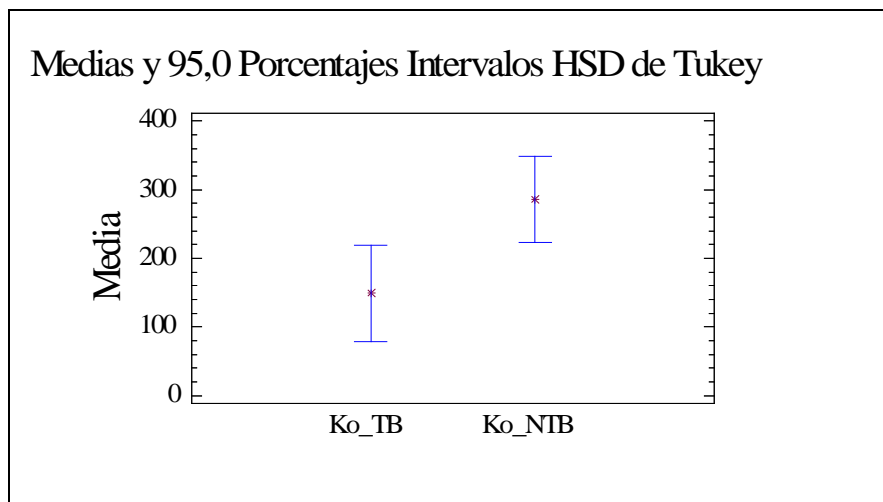


Figura 5.9. Valors mitjans i intervals de Ko en els ambients TB i NTB segons l'anàlisi de Tukey.

Aquestes diferències evidencien l'impacte negatiu que les transformacions realitzades han comportat en la Ko, augmentant l'escolament superficial i l'erosió.

La sortivitat també presenta valors superiors en les alçades A (Taula 5.22), si bé aquestes diferències no són significatives. Pel que fa a l'anàlisi dels ambients T i NT en funció de l'alçada (Taula 5.23), comprovem que existeixen diferències significatives tant en alçades A com B. La màxima diferència la trobem a l'alçada A, en la que el valor de S després de les transformacions s'ha reduït un 53%. Per tant doncs, podem observar els impactes negatius que han provocat les transformacions realitzades en la sortivitat, indicant la important reducció de la infiltració en els primers moments, augmentant l'escolament superficial i generant erosió.

5.3. ANÀLISI ENTRE VARIABLES SEGONS L'AMBIENT

Les taules 5.31 i 5.32 mostren els coeficients de correlació de Pearson (p) i la significació (t) d'aquests coeficients segons el número de mostres de cada variable pels ambients T i NT, respectivament. Els quadres ombrejats indiquen que hi ha una correlació significativa, positiva o negativa entre les dues variables, amb un nivell de confiança del 95% ($\alpha > 0,05$). Els valors límits de significació del coeficient a partir dels quals existeix correlació

significativa entre les dues variables és de $\pm 2,365$ per l'ambient T (de la taula de T-Student per $\alpha 0,05$ i 9 repeticions), i de 2,447 per l'ambient NT (de la taula de T-Student per $\alpha 0,05$ i 8 repeticions).

Primerament cal destacar que s'han obtingut un 26% més de correlacions significatives en l'ambient NT que en el T, fet que evidencia que les transformacions realitzades han produït canvis en la relació entre les principals propietats del sòl.

Moltes de les correlacions significatives positives o negatives obtingudes són evidents, com les obtingudes entre els quatre mètodes d'anàlisi de l'estabilitat dels agregats, les obtingudes en les diferents fraccions de l'anàlisi estructural i les obtingudes entre les diferents fraccions del sòl.

En l'ambient NT trobem correlacions negatives entre l'alçada i l'estabilitat dels agregats en tres dels quatre mètodes d'anàlisi de l'estabilitat, mentre que en l'ambient T, aquests correlacions no existeixen. Les correlacions negatives indiquen que a majors alçades l'estabilitat dels agregats és menor. Aquestes correlacions es poden explicar principalment pel major contingut de MO en alçades baixes. Cal recordar que la MO és un dels principals paràmetres que ajuden a la formació dels agregats. Tot i això els valors dels coeficients de correlació entre la MO i l'alçada no són significatius a un nivell de confiança del 95%, però sí del 80%.

En l'ambient T no existeixen correlacions significants entre l'alçada i l'estabilitat dels agregats per cap dels quatre mètodes utilitzats, ja que s'ha efectuat una trituració dels agregats i volteig d'horitzons, que ha afectat a la quantitat de MO.

En l'ambient NT també trobem correlacions positives significatives entre l'estabilitat dels agregats pels quatre mètodes i les fraccions granulomètriques compreses entre 20 i 200 μ m (corresponent a SF i LG). Els agregats són partícules d'entre 1 i 5mm resultants de la unió de partícules més petites. En aquests sòls es pot entendre doncs que les fraccions de SF i LG són les que proporcionen agregats de major estabilitat.

Les correlacions són negatives en les altres fraccions granulomètriques. Aquestes correlacions no es donen en l'ambient T, segurament a causa de la trituració d'elements al fer les transformacions.

En els ambients NT existeix una correlació significativa positiva de la MO amb les partícules de mida >8 , i negativa amb les partícules 2-8. Aquestes correlacions poden ser degudes a la influència de les parcel·les de bosc, que presentaven valors molt elevats de partícules >8 mm i una gran quantitat de matèria orgànica. En els ambients T aquestes significacions en el coeficient de correlació no existeixen.

També observem correlacions negatives significants entre la Ko i l'estabilitat dels agregats. En concret en l'ambient T les correlacions són significatives per tots els mètodes

d'estabilitat excepte l'estàndard, mentre que en l'ambient NT només ho són pel mètode HA. Aquest fet és difícilment explicable amb els paràmetres analitzats, caldria fer anàlisi de porositat i continuïtat dels porus per poder comprendre els resultats obtinguts.

En l'ambient T els valors de Ko i CRAD presenten correlacions significatives, mentre que en l'ambient NT aquesta correlació no ho és. Com hem vist anteriorment els valors de Ko són significativament superiors en els ambients NT que en els T, de manera que amb conductivitats hidràuliques baixes (ambient T), el moviment horitzontal de l'aigua al sòl és molt important, i aquest, té gran influència en la CRAD. En l'ambient NT, la conductivitat hidràulica depèn de la quantitat i continuïtat dels porus, proporcionant un moviment vertical de l'aigua en el sòl de manera que la influència de la CRAD és menor, no donant-se correlacions significatives entre les dues variables.

Cal destacar que no existeixen correlacions significatives entre la sortivitat i la conductivitat hidràulica en cap dels ambients estudiats, de manera que podem afirmar que la infiltració en els moments inicials no està relacionada amb el valor de la conductivitat estacionària. Això pot ser degut a la sinuositat i continuïtat dels macroporus.

La Ko està fortament relacionada, i d'una forma negativa, amb les partícules $< 2\text{mm}$ en l'ambient NT, mentre que en els ambients T la correlació significativa negativa la trobem amb les partícules de 2-8mm. En els ambients NT la presència de partícules petites provoca el segellament i obstruccions en la circulació de l'aigua, taponant els porus, i disminuint la Ko.

Les transformacions realitzades han desestructurat el sòl, amb la trituració d'elements i l'escassa presència de materials de 2-8mm, provoquen que apareguin aquestes elevades correlacions amb la Ko.

En ambdós ambients apareixen altres variables fortament correlacionades, com el LF amb la CRAD i el pH amb la Ko en l'ambient NT, o el pH amb la CE i el LF, o la S amb el LG en l'ambient T. Aquestes correlacions no es poden atribuir a cap causa específica amb els anàlisis efectuats.

Taula 5.31. Matriu de coeficients de correlació Pearson (p) i significació (t) en l'ambient T.

| | | Z | HA | HL | HR | HS | MO | CRAD | DAP | pH | CE | Ko | S | %ARG | %L F | %L G | % S F | % S G | % <2 | % 2-8 | % >8 |
|-------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Z | p | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HA | p | -0,040 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -0,107 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HL | p | 0,085 | 0,958 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,226 | 8,838 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HR | p | -0,019 | 0,976 | 0,965 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -0,049 | 11,863 | 9,781 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HS | p | 0,160 | 0,300 | 0,384 | 0,367 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,430 | 0,831 | 1,101 | 1,045 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| MO | p | -0,424 | 0,249 | 0,262 | 0,304 | 0,120 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -1,240 | 0,679 | 0,719 | 0,843 | 0,321 | - | | | | | | | | | | | | | | |
| CRAD | p | 0,261 | -0,802 | -0,646 | -0,775 | 0,091 | -0,304 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,716 | -3,557 | -2,239 | -3,246 | 0,241 | -0,845 | - | | | | | | | | | | | | | |
| DAP | p | 0,059 | -0,168 | -0,120 | -0,180 | -0,150 | -0,230 | 0,255 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,156 | -0,450 | -0,319 | -0,483 | -0,400 | -0,625 | 0,698 | - | | | | | | | | | | | | |
| pH | p | 0,569 | -0,555 | -0,502 | -0,521 | -0,371 | -0,506 | 0,514 | 0,422 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | t | 1,832 | -1,765 | -1,536 | -1,614 | -1,059 | -1,552 | 1,586 | 1,232 | - | | | | | | | | | | | |
| CE | p | -0,671 | -0,014 | -0,111 | -0,026 | 0,212 | 0,544 | -0,227 | -0,407 | -0,763 | 1 | | | | | | | | | | |
| | t | -2,394 | -0,036 | -0,297 | -0,068 | 0,573 | 1,715 | -0,616 | -1,180 | -3,121 | - | | | | | | | | | | |
| Ko | p | 0,397 | -0,776 | -0,678 | -0,798 | -0,147 | -0,145 | 0,746 | 0,098 | 0,409 | -0,025 | 1 | | | | | | | | | |
| | t | 1,146 | -3,258 | -2,439 | -3,499 | -0,392 | -0,387 | 2,968 | 0,261 | 1,186 | -0,065 | - | | | | | | | | | |
| S | p | 0,373 | -0,155 | -0,194 | -0,256 | -0,451 | -0,145 | -0,050 | 0,145 | 0,155 | -0,051 | 0,563 | 1 | | | | | | | | |
| | t | 1,064 | -0,416 | -0,524 | -0,701 | -1,336 | -0,388 | -0,132 | 0,388 | 0,414 | -0,135 | 1,804 | - | | | | | | | | |
| %ARG | p | -0,754 | -0,020 | -0,104 | 0,004 | -0,476 | 0,621 | -0,353 | 0,065 | -0,219 | 0,418 | -0,308 | -0,168 | 1 | | | | | | | |
| | t | -3,037 | -0,052 | -0,277 | 0,010 | -1,433 | 2,097 | -0,999 | 0,172 | -0,593 | 1,217 | -0,857 | -0,450 | - | | | | | | | |
| %L F | p | 0,483 | -0,153 | -0,068 | -0,073 | -0,245 | -0,116 | 0,241 | 0,079 | 0,769 | -0,769 | 0,033 | -0,202 | -0,059 | 1 | | | | | | |
| | t | 1,458 | -0,411 | -0,181 | -0,194 | -0,668 | -0,308 | 0,658 | 0,211 | 3,179 | -3,185 | 0,086 | -0,545 | -0,155 | - | | | | | | |
| %L G | p | 0,003 | 0,040 | 0,222 | 0,149 | 0,560 | -0,036 | 0,338 | 0,097 | 0,016 | -0,187 | -0,266 | -0,816 | -0,133 | 0,237 | 1 | | | | | |
| | t | 0,009 | 0,105 | 0,602 | 0,399 | 1,789 | -0,097 | 0,950 | 0,258 | 0,043 | -0,504 | -0,731 | -3,738 | -0,355 | 0,646 | - | | | | | |
| % S F | p | 0,306 | 0,204 | 0,218 | 0,217 | 0,676 | -0,514 | 0,035 | 0,260 | -0,023 | -0,120 | -0,185 | -0,181 | -0,610 | -0,265 | 0,378 | 1 | | | | |
| | t | 0,852 | 0,551 | 0,592 | 0,589 | 2,427 | -1,585 | 0,093 | 0,712 | -0,060 | -0,321 | -0,499 | -0,487 | -2,039 | -0,728 | 1,080 | - | | | | |
| % S G | p | -0,273 | -0,174 | -0,229 | -0,242 | -0,631 | 0,425 | -0,082 | -0,343 | -0,159 | 0,292 | 0,329 | 0,467 | 0,425 | -0,058 | -0,644 | -0,901 | 1 | | | |
| | t | -0,750 | -0,468 | -0,623 | -0,661 | -2,154 | 1,243 | -0,219 | -0,966 | -0,427 | 0,808 | 0,920 | 1,399 | 1,243 | -0,154 | -2,226 | -5,495 | - | | | |
| % <2 | p | 0,427 | 0,191 | 0,282 | 0,250 | 0,847 | -0,290 | 0,187 | 0,230 | 0,034 | -0,186 | -0,100 | -0,312 | -0,637 | -0,056 | 0,563 | 0,911 | -0,900 | 1 | | |
| | t | 1,248 | 0,514 | 0,778 | 0,684 | 4,210 | -0,802 | 0,503 | 0,626 | 0,090 | -0,502 | -0,265 | -0,869 | -2,187 | -0,147 | 1,804 | 5,838 | -5,461 | - | | |
| % 2-8 | p | -0,487 | 0,788 | 0,733 | 0,755 | -0,014 | 0,445 | -0,656 | -0,204 | -0,636 | 0,149 | -0,731 | -0,288 | 0,361 | -0,157 | 0,021 | -0,270 | 0,236 | -0,273 | 1 | |
| | t | -1,477 | 3,389 | 2,855 | 3,049 | -0,036 | 1,316 | -2,301 | -0,551 | -2,181 | 0,398 | -2,833 | -0,794 | 1,026 | -0,421 | 0,056 | -0,741 | 0,642 | -0,752 | - | |
| % >8 | p | -0,243 | -0,515 | -0,588 | -0,564 | -0,868 | 0,119 | 0,073 | -0,155 | 0,222 | 0,132 | 0,398 | 0,438 | 0,511 | 0,121 | -0,590 | -0,831 | 0,833 | -0,921 | -0,122 | 1 |
| | t | -0,663 | -1,591 | -1,921 | -1,805 | -4,627 | 0,318 | 0,193 | -0,416 | 0,603 | 0,353 | 1,148 | 1,290 | 1,574 | 0,322 | -1,933 | -3,949 | 3,989 | -6,271 | -0,325 | - |

Taula 5.32. Matriu de coeficients de correlació Pearson (p) i significació (t) en l'ambient NT.

| | | Z | HA | HL | HR | HS | MO | CRAD | DAP | pH | CE | Ko | S | %ARG | %L F | %L G | % S F | % S G | % <2 | % 2-8 | % >8 |
|-------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|------|
| Z | p | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HA | p | -0,665 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -2,183 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HL | p | -0,790 | 0,938 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -3,153 | 6,610 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HR | p | -0,791 | 0,975 | 0,978 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -3,163 | 10,656 | 11,569 | - | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HS | p | -0,882 | 0,894 | 0,957 | 0,946 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -4,581 | 4,884 | 8,122 | 7,114 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| MO | p | -0,414 | 0,379 | 0,611 | 0,503 | 0,516 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | t | -1,113 | 1,002 | 1,889 | 1,425 | 1,474 | - | | | | | | | | | | | | | | |
| CRAD | p | 0,215 | -0,339 | -0,296 | -0,285 | -0,268 | 0,289 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,540 | -0,884 | -0,759 | -0,728 | -0,680 | 0,739 | - | | | | | | | | | | | | | |
| DAP | p | 0,245 | -0,740 | -0,683 | -0,668 | -0,519 | -0,195 | 0,682 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | t | 0,620 | -2,695 | -2,292 | -2,200 | -1,486 | -0,488 | 2,281 | - | | | | | | | | | | | | |
| pH | p | 0,633 | -0,634 | -0,474 | -0,612 | -0,603 | 0,263 | 0,381 | 0,259 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | t | 2,001 | -2,007 | -1,317 | -1,895 | -1,851 | 0,667 | 1,009 | 0,656 | - | | | | | | | | | | | |
| CE | p | 0,196 | -0,537 | -0,611 | -0,548 | -0,513 | -0,801 | -0,089 | 0,392 | -0,084 | 1 | | | | | | | | | | |
| | t | 0,490 | -1,561 | -1,889 | -1,604 | -1,465 | -3,275 | -0,218 | 1,045 | -0,207 | - | | | | | | | | | | |
| Ko | p | 0,456 | -0,733 | -0,531 | -0,691 | -0,505 | 0,082 | 0,203 | 0,457 | 0,812 | 0,073 | 1 | | | | | | | | | |
| | t | 1,256 | -2,637 | -1,533 | -2,340 | -1,434 | 0,201 | 0,508 | 1,260 | 3,408 | 0,180 | - | | | | | | | | | |
| S | p | -0,005 | -0,314 | -0,261 | -0,208 | -0,280 | 0,010 | -0,025 | 0,276 | -0,023 | 0,074 | -0,050 | 1 | | | | | | | | |
| | t | -0,013 | -0,811 | -0,663 | -0,521 | -0,715 | 0,024 | -0,060 | 0,702 | -0,057 | 0,182 | -0,123 | - | | | | | | | | |
| %ARG | p | 0,072 | -0,294 | -0,145 | -0,252 | -0,104 | -0,054 | -0,212 | -0,055 | 0,285 | 0,220 | 0,489 | -0,216 | 1 | | | | | | | |
| | t | 0,177 | -0,752 | -0,359 | -0,638 | -0,255 | -0,132 | -0,532 | -0,135 | 0,728 | 0,552 | 1,374 | -0,542 | - | | | | | | | |
| %L F | p | 0,086 | -0,205 | -0,192 | -0,150 | -0,180 | 0,282 | 0,905 | 0,633 | 0,221 | -0,102 | 0,013 | 0,129 | -0,577 | 1 | | | | | | |
| | t | 0,211 | -0,514 | -0,480 | -0,372 | -0,449 | 0,719 | 5,212 | 2,004 | 0,555 | -0,252 | 0,032 | 0,317 | -1,729 | - | | | | | | |
| %L G | p | -0,457 | 0,843 | 0,721 | 0,795 | 0,712 | 0,331 | 0,148 | -0,414 | -0,538 | -0,490 | -0,714 | -0,464 | -0,383 | 0,198 | 1 | | | | | |
| | t | -1,259 | 3,836 | 2,551 | 3,213 | 2,484 | 0,859 | 0,366 | -1,113 | -1,562 | -1,379 | -2,495 | -1,284 | -1,016 | 0,494 | - | | | | | |
| % S F | p | -0,530 | 0,887 | 0,806 | 0,849 | 0,814 | 0,405 | 0,030 | -0,483 | -0,543 | -0,590 | -0,629 | -0,488 | -0,245 | 0,043 | 0,970 | 1 | | | | |
| | t | -1,532 | 4,702 | 3,337 | 3,942 | 3,438 | 1,085 | 0,075 | -1,351 | -1,584 | -1,792 | -1,984 | -1,368 | -0,618 | 0,105 | 9,741 | - | | | | |
| % S G | p | 0,471 | -0,772 | -0,701 | -0,753 | -0,712 | -0,457 | -0,297 | 0,277 | 0,442 | 0,568 | 0,588 | 0,447 | 0,358 | -0,317 | -0,976 | -0,960 | 1 | | | |
| | t | 1,308 | -2,979 | -2,407 | -2,803 | -2,484 | -1,257 | -0,761 | 0,707 | 1,207 | 1,692 | 1,780 | 1,224 | 0,940 | -0,820 | -11,027 | -8,356 | - | | | |
| % <2 | p | -0,116 | 0,442 | 0,151 | 0,298 | 0,203 | -0,630 | -0,362 | -0,318 | -0,734 | 0,347 | -0,708 | -0,337 | -0,325 | -0,224 | 0,465 | 0,382 | -0,298 | 1 | | |
| | t | -0,286 | 1,208 | 0,375 | 0,765 | 0,508 | -1,988 | -0,952 | -0,822 | -2,648 | 0,905 | -2,458 | -0,878 | -0,842 | -0,563 | 1,286 | 1,012 | -0,765 | - | | |
| % 2-8 | p | 0,555 | -0,525 | -0,719 | -0,612 | -0,680 | -0,781 | -0,197 | 0,312 | -0,083 | 0,513 | 0,011 | 0,510 | -0,190 | -0,100 | -0,530 | -0,598 | 0,610 | 0,273 | 1 | |
| | t | 1,635 | -1,511 | -2,535 | -1,896 | -2,275 | -3,064 | -0,491 | 0,805 | -0,204 | 1,462 | 0,027 | 1,451 | -0,475 | -0,247 | -1,531 | -1,828 | 1,885 | 0,695 | - | |
| % >8 | p | -0,295 | 0,081 | 0,382 | 0,224 | 0,326 | 0,888 | 0,345 | -0,015 | 0,492 | -0,543 | 0,415 | -0,133 | 0,319 | 0,199 | 0,071 | 0,165 | -0,223 | -0,775 | -0,819 | 1 |
| | t | -0,757 | 0,199 | 1,012 | 0,563 | 0,843 | 4,740 | 0,901 | -0,037 | 1,385 | -1,584 | 1,117 | -0,330 | 0,824 | 0,498 | 0,174 | 0,410 | -0,559 | -3,008 | -3,498 | - |

CONCLUSIONS

6. CONCLUSIONS

De l'anàlisi comparatiu de les propietats del sòl en vinyes transformades i tradicionals en la regió del Priorat es conclou que les transformacions realitzades per implantar les noves plantacions, les quals impliquen treballs amb maquinària pesant i en alguns casos la trituració del material superficial, han comportat canvis en les propietats químiques, físiques i hidrològiques del sòl.

Pel que fa als paràmetres químics, el principal efecte que han provocat les transformacions és la reducció molt important del percentatge de matèria orgànica. La reactivitat del sòl i la conductivitat hidràulica, en canvi no s'han vist modificades amb les transformacions.

Pel que fa als paràmetres físics, les transformacions han provocat:

- Disminució de l'estabilitat dels agregats. Aquesta disminució s'ha produït per als quatre mètodes de disgregació analitzats.
- També els resultats han donat diferències significatives en el percentatge de 2-8mm, molt inferior en les zones transformades, degut a la trituració d'aquesta fracció de sòl durant les transformacions. Les altres fraccions granulomètriques estudiades no han presentat diferències significatives.
- Referent a la textura, han aparegut petites diferències entre fraccions, tot i que aquestes no han sigut significatives.
- No s'han observat diferències significatives en els valors mitjans de la densitat aparent entre plantacions transformades i no transformades, però si s'observa una menor variabilitat entre parcel·les noves degut a l'alteració i trituració del material superficial.

Pel que fa als paràmetres hidrològics del sòl, les transformacions realitzades han produït variacions tan en la CRAD com en la conductivitat hidràulica.

- En els sòls transformats, la CRAD presenta valors inferiors al 50% respecte els no transformats i una menor variabilitat. Aquests valors impliquen una important generació d'escolament, i per tant d'erosió superficial, i una reducció de l'aigua disponible per la vinya, fent evident la implantació de reg pel desenvolupament del cultiu.
- La conductivitat hidràulica també presenta valors inferiors al 50% en les zones transformades respecte les no transformades. Aquesta disminució és deguda al volteig d'horitzons, al trencament d'elements grollers i a la compactació per maquinària durant les transformacions, i han implica un augment de l'erosió, esllavissaments degut al fort pendent dels talussos i un augment de l'escolament superficial.

Dels resultats obtinguts segons el gradient altitudinal, es conclou que no hi ha diferències significatives en els paràmetres químics. En canvi sí que es troben diferències significatives en alguns dels paràmetres físics analitzats:

- L'estabilitat dels agregats presenta valors inferiors en les zones elevades, segurament degut al major percentatge de matèria orgànica en les zones baixes, que afavoreix la unió entre partícules.
- Els percentatges granulomètrics i la classe textural no presenten diferències significatives en el gradient altitudinal.
- La densitat aparent presenta valors lleugerament superiors en les parts elevades, però les diferències no són significatives.

Pel que fa als paràmetres hidrològics en el gradient altitudinal, la CRAD no presenta diferències significatives, mentre que sí que apareixen diferències significatives en la conductivitat hidràulica, amb valors més elevats en les parts altes.

Respecte les correlacions entre les variables en els ambients transformats i no transformats, s'han observat diferències en les relacions entre les variables:

- El nombre de correlacions significatives ha sigut un 26% superior en l'ambient NT, evidenciant els canvis soferts algunes de les principals propietats del sòl amb les transformacions.
- En les zones NT s'observa una clara relació negativa entre l'estabilitat dels agregats i l'alçada, que no es dona en l'ambient T. Aquestes diferències s'atribueixen a la disminució de la MO produïda durant les transformacions.
- En l'ambient T trobem correlacions significatives entre la CRAD i la K_o , aquestes no apareixen en l'ambient NT. Les diferències poden ser atribuïdes a la menor variabilitat de la CRAD en l'ambient T, degut a la homogeneïtzació produïda amb la trituració del material.

BIBLIOGRAFIA

7. BIBLOGRAFIA

- Angulo-Jaramillo, R., Vandervaere, J-P., Roulier, S., Thony, J-L., Gaudet, J-P., Vauclin, M. 2000. *Field measurement of soil surface hydraulic properties by a disc and ring infiltrometers. A review and recent developments*. Soil & Tillage Research 55: 1-29
- Ankeny, M.D., Ahmed, M., Kaspar, T.C. i Horton, R. 1991. *Simple field for determining unsaturated hydraulic conductivity*. Soil Sci. Soc. Am. J. 55(2): 467-470.
- Acuña, E. 2003. *Variabilidad espacial y funciones de edafotransferencia de las propiedades hidraulicas de los suelos de las unidades cartograficas de la zona regable por el canal Segarra- Garrigues (NE España)*. Tesis doctoral. Universitat de Lleida.
- Bear J, 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Elsevier, New York; 764
- Beare, M.H., Hendrix, P.F., Coleman, D.C. 1994. Water stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no tillage soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 777-786.
- Beven, K., Germann, P. 1982. *Macropores and water flow in soils*. Water Resour. Res., 18 (5): 1311-1325.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. Bulk density. A Klute, A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. 2a ed. Agronomy 9: 363-376
- Bouwer, H., 1986. *Intake rate: Cylinder infiltrometer*. En: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Monograph No 9, Madison, p825-844
- Brakensiek, D.L., Rawls, W.J. 1994. *Soil containing rock fragments: effects on infiltration*. Catena, 23 (1-2), 99-100.
- Buytaert, W., Wyseure, G., De Bièvre, B., Deckers, J. 2005. *The effect of land use changes on the hydrological behavior of Histic Andosols in south Ecuador*. Hydrological Processes (no publicat).
- Casenave, A., Valentín, C. 1992. *A runoff capability classification system based on surface features criteria in the arid and semiarid areas of West Africa*. J. Hydrology, 130: 231-249.
- Collinet, J. 1988. *Etude expérimentale de l'érosion hydrique des sols représentatifs de l'Afrique de l'Ouest. 1. Présentation des sites expérimentaux. Méthode et identification des processus élémentaires. Analyse et comparaison des régimes de ruissellement*. Cah. ORSTROM, Sér. Péd., 24: 235-254.
- Collinet, J., Valentín, C. 1979. *Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques*. Cah. ORSTROM, Sér. Péd., 17: 283-328.

- Constanz, J., Herkelrath, W., Murphy, F. 1988. *Air encapsulation during infiltration*. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 10-16.
- Clothier, B.E., White, I., 1981. *Measurement of sorptivity and soil diffusivity in the field*. Soil Sci. Soc. Am. J. 45(2): 241-245.
- Cook, F.J., Broeren, A. 1994. *Six methods for determining sorpivity and hydraulic conductivity whit disc permeameters*. Soil Sci. 157: 2-11.
- Dane, J.H., Topp, G.C. 2002. *Metodos de Análisis de Suelos: Parte 4 Metodos Fisicos*. Sociedad de la Ciencia del SUelo de America, 981-983.
- Doorembos, J., Pruit, W.O. 1980. *Las necesidades de agua de los cultivos. Manual n° 24, Estudios FAO. Riegos y drenajes*.
- Dunn, A.J., Mehuys, G. 1984. *Relationship between gravel content of soils and saturated hydraulic conductivity in laboratory tests*. A: *Erosion and Productivity of Soil Containing Rock Fragments*. Nichols, J.D., Brown, P.L., Grant, W.J. (ed.).Soil Sci. Soc. Am. Special Publ., n 13, Madison, USA, 55-63.
- El Boushi, I.M., Davis, S.N. 1969. *Water-retention characteristics of coarse rock particles*. Journal of Hydrology, 8: 431-441.
- Fernández-Sanjurjo, M.J., 1999. *Influencia de los fragmentos gruesos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo: antecedentes y estado actual del tema*. Edafología, Vol. 6: 95-107.
- Flint, A., Childs, S. 1984. *Physical properties of rock fragments and their effect on available water in skeletal soils*. A: *Erosion and Productivity of Soil Containing Rock Fragments*. Nichols, J.D., Brown, P.L., Grant, W.J. (ed.).Soil Sci. Soc. Am. Special Publ. n° 13: 91-103.
- Fonseca. F. 2006. *Balance hídrico en suelos pedregosos con viña de secano en el Pirorat (Cataluña).Efectos por cambios de manejo y clima*. Tesis doctoral, Universitat de Lleida, 139 pp.
- Gil, J., Corral, L., Contreras, C.L., Bermúdez, F., Tejada, M. 1998. *Estabilidad estructural de los suelos calizos mediterraneos del sur de España*. Ciencia del suelo 16:128-130.
- Grant, W.J., Struchtemeyer, R.A. 1959. *Influence of the coarse fraction in two Maine potato soils on infiltration, runff and erosion*. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 23: 391-394.
- Haverkamp, R., Ross, P.J., Smettem, K.R.J., Parlange, J.Y. 1994. *Three-dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation*. Water Resour. Res. 30(11): 2931-2935.

- Heil, J.W., Juo, A.S.R., McInnes, K.J. 1997. *Soil properties influencing surface sealing of some sandy soils in the Sahel*. Soil Science 162: 459-469.
- Jarvis, N.J., Leeds-Harrison, P.B., Dosser, J.M. 1987. *The use of tension infiltrometers to assess routes and rates of infiltration in a clay soil*. J. Soil Sci. 38(4): 633-640.
- Joel, A., Messing, I. 2000. *Application of two methods to determine hydraulic conductivity with disc permeameters on sloping land*. European Journal of Soil Science. 51: 93-98.
- Jones, D.P., Graham, R.C. 1993. *Water-holding characteristics of weathered granitic rock in chaparral and forest ecosystems*. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 256-261.
- Jung, L. 1960. *The influence of the stone cover on runoff and erosion on slate soils*. Int. Assoc. Sci. Hydrology, 53: 143-153.
- Jury, W., Gardner, W.R., Gardner, W.H. 1991. *Soil physics*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Ingelmo, F., Cuadrado, S., Ibáñez, A., Hernández, J. 1994. *Hydric properties of some Spanish soils in relation to their rock fragment content: implications for runoff and vegetation*. Catena, 23 (1-2): 73-86.
- ISRIC. 1994. *Directive pour la description des sols*. 3^{ème} Édition (révisée). Centre International de Référence et d'Information pédologique. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome, Italy.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. 1986. *Aggregate stability and size distribution*. A: *Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Methods*. 2^a Ed. Klute, A. (Ed.). Agronomy 9: 425-442.
- Klute, A. 1986. *Water retention: Laboratory methods*. A: *Methods of Soil Analysis. Part I*. 2^a Ed. Agronomy Monograph N°9, 635-662. Madison. EUA
- Lavee, H., Imeson, A.C., Sarah, P., Sevin, J. 1998. *The impact of climate changes on geomorphology and desertification along mediterranean arid transect*. Special issue. Land degradation and development 9: 407-422.
- Léonard, J., Andrieux, P. 1998. *Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in southern France*. Catena, 32: 209-223.
- Logsdon, S.D., Jaynes, D.B. 1993. *Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers*. Soil Sci. Soc. Am. J. 57(6): 1426-1431.
- Margalef, J. Tassias, J. 1985. *El Priorat. Anàlisi d'una crisi productiva*. Pub. Caixa d'Estalvis de Catalunya. Barcelona.

- Marshall, T.J., Holmes, J.W., Rose, C.W. 1996. *Soil physics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Mckenzie, N., Coughlan, K., Creswell, K. 2002. *Medicion fisica del suelo y de interpretacion pera uso de la tierra*. Pub. CSIRO.
- Merva, G. 1987. *The velocity permeameter technique for rapid determination of the hydraulic conductivity in situ*. Proceedings of 3rd Workshop on Land Drainage, Ohio State University.
- Messing, I., Jarvis, N.J. 1993. *Temporal variation in the hydraulic conductivity of a tilled clay soil as measured by tension infiltrometers*. J. Soil Sci. 44: 11-24.
- Montagne, C., Ruddel, J. i Fergunson, H. 1992. *Water relation of soft siltstone fragments in a ustic Torriorthent, Central Montana*. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 555-557.
- Nacci, S.S. 2001. *Alteraciones en el régimen hídrico del suelo asociados a la sistematización y cambios en el manejo de tierras con viña de secano en el Anoia-Alt Penedés*. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida.
- Nadal, M. 2002. *Els vins del Priorat*. Ed. Cossetània Edicions. Barcelona.
- Narro, E. 1994. *Física de suelos con enfoque agrícola*. Ed. Trillas. Mexico.
- Perroux, K.M., White, I. 1988. *Designs for disc permeameters*. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(5): 672-677.
- Pla, I. 1999. *Características y propiedades de los suelos pedregosos*. A: *Suelos pedregosos*. López, R. , Delgado, F.(Ed.). Merida-Venezuela, 33-40.
- Poesen, J., Lavee, H. 1994. *Rock fragments in top soil: significance and processes*. Catena, 23(1-2):1-28.
- Poesen, J. 1990. *Erosion process research in relation to soil erodibility and some implications for improving soil quality*. A: *Soil degradation and rehabilitation in Mediterranean environmental conditions*. Albadalejo, J., Stocking, M.A., Díaz, E. (ed). C.S.I.C., Murcia, Spain, 150-170.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Rodríguez, R. 1985. *Técnicas y experimentos en Edafología*. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Rodríguez, R. 1993. *Laboratori d'edafologia*. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Universitat de Lleida.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura i el medio ambiente* 3a ed.. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- Prieto, B., Tamara, R., Peroza, J.A. 2006. *Comparación de dos métodos de campo para la determinación de la conductividad hidráulica saturada en suelos del Sinu (Córdoba, Colombia)*. Temas Agrarios. Vol. 11:(2). 36-44.
- Radcliffe, D.E., Rasmussen, T.C. 2000. *Soil water movement (section A: Soil physics)*. In: Sumner, M.E. *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Ration, Florida.
- Ravina, I., Magier, J. 1984. *Hydraulic conductivity and water retention of clay soils containing coarse fragments*. Soil. Sci. Soc. Am. J., 48, 736-740.
- Ramos, M.C. 1999. *Raifail kinetic energy and its relationship to intensity in the Mediterranean climate*. Il Nuovo Cimento. 22c(5): 37-50.
- Ramos, M. C., Jones G. V., Martínez-Casasnovas J. A. 2008. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. Clim. Res. 38: 1–15, doi: 10.3354/cr00759.
- Reynolds, W.D., Elrick, D.E. 1991. *Determination of hydraulic conductivity using a tension infiltrometer*. Soil Sci. Soc. Am. J. 55(3): 633-639.
- Reynolds, W., Elrick, D., Topp, G. 1983. *A re-examination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table*. Soil Science 136 (4):250-268
- Salgado, L. 2000. *Determinación de características hidrodinámicas del suelo: Conductividad hidráulica. Espacio poroso drenable. Espesor de la región de flujo*. En: www.chileriego.cl/docs/018-03.doc
- Scotter, D., Clothier, B., Harper, E. 1982. *Measuring saturated hydraulic conductivity and sorptivity using twin rings*. Australian Journal of Soil Research 20:295-304
- Silva, C.L., Kato, E. 1997. *Efeito do selamento superficial na condutividae hidraulica saturada da superficie de um solo sob cerrado*. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 32:213-220.
- Simanton, J.R., Rawitz, E., Shirely, E.D. 1984. *Effects of rock fragments on erosion of semiarid rangeland soils. A: Erosion and Productivity of Soil Containing Rock Fragments*. Nichols, J.D., Brown, P.L., Grant, W.J. (ed.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publ., n 13, Madison, USA, 65-72.
- Smetten, K.R.J., Parlange, J.Y., Ross, P.J., Haverkamp, R. 1995. *Three-dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 3. parameter stimation using a double-disk tension infiltrometer*. Water Resour. Res. 31(10): 2491-2495.
- Smetten, K.R.J., Clothier, B.E. 1989. *Measuring unsaturated sorptivity and hydraulic conductivity using multi disc permeameters*. J. Soil Sci. 40: 563-568.

- Stuart, D., Dixon, R. 1973. *Water movement and caliche formation in layered arid and semiarid soils*. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37 (2), 323-324.
- Sullivan, M., Warwick, J.J., Tyler, S.W. 1996. *Quantifying and delineating spatial variations of surface infiltration in small watershed*. J. Of Hydrology, 181: 149-168.
- Tanaka, U., Yokoi, Y., Kosaki, T., Kyuma, K. 1997. *Mechanism of crust formation on artificial aggregates. I effect of initial moisture conditions on aggregate satability*. Soil Science and Plant Nutrition 43:99-107.
- Tossell, R., Dicfinson, W., Rudra, R., Wall, G. 1987. *A portable rainfall simulator*. Canadian Agricultural Engineer 29:155-162
- Van Brees, W. 1970. *The auger hole method*. Bulletin 1. International Institute of Land Reclamation and Improvement, Wageningen, 32p
- Warrick, A.W., Nielsen, D.R. 1980. *Spatial variability of some physical properties of the soil*. A: Hill. D., *Applications of soil physics*. Academic Press. Cap. 13, p.319-344.
- Warrick, A.W. 1992. *Models for disc infiltrometers*. Water Resour. Res. 28(5): 1514-1522.
- Wesemael van, B., Poesen, J., Kosmas, C.S., Danalatos, N.G., Nachtergaele, J. 1996. *Evaporation from cultivated soils containing rock fragments*. J. Of Hydrology, 192, 65-82.
- White, I., Sully, M.J. 1987. *Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from filed infiltration*. Water Resour. Res. 23(8): 1514-1522.
- White, I., Sully, M.J. i Perroux, K.M. 1992. *Measurement of Surface-Soil Hydraulic Properties: Disk Permeameters, Tension Infiltrometers and Other Techniques*. En: Topp, G.C., Reynolds, W.D. i Green, R.E. (Ed.). *Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice*. Soil Sci. Soc. of America. Special Publication N° 30. Madison: 69-105.
- Wilcox, B.P., Wood, M.K., Tromble, J.M. 1988. *Factors influencing infiltrability of semiarid mountain slopes*. J. Range Manage., 41, 197-206.
- Wilson, G.V., Luxmoore, R.J. 1988. *Infiltration, macroporosity and mesoporosity distributions on two forested watersheds*. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(2): 329-335.
- Wyseure, G.C.L., Sattar, M.G.S., Adey, M.A., Rose, D.A. *Determination of Unsaturated Conductivity in the Field by a Robust Tension Infiltrometer*. Pag: <http://www.agr.kuleuven.ac.be/facdid/guidow/Tensio.htm>